

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплотехніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Теплохолодопостачання житлового будинку з використанням  
теплового насосу в с. Здорівка Київської області

Дмитрієв Герман Сергійович

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплотехніки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Теплохолодопостачання житлового будинку з використанням  
теплового насосу в с. Здорівка Київської області

Виконав: Дмитрієв Герман Сергійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

студент групи \_\_\_\_\_ ТВМ-23-1

192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція  
(освітня програма)

Керівник Чепурна Н.В.  
(прізвище та ініціали)

Канд.техн.наук, доцент  
(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології  
Випускова кафедра теплотехніки  
Освітній ступінь «магістр за ОПШ»  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
Освітня програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету \_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Дмитрієв Герман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Теплохолодопостачання житлового будинку з використанням теплового насоса в с. Здорівка Київської області  
затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року.

2. Керівник роботи к.т.н., доц. Чепурна Н.В.  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 29.11.2024 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

P.1. Вихідні дані , характеристика об'єкту будівництва (жилового будинку)

P.2. Аналіз використання теплових насосів та сонячних колекторів для теплозабезпечення житлових будинків

P.3. Визначення тепловтрат та теплонадходжень

P.4. Проектування системи опалення

P.5. Проектування системи вентиляції та кондиціонування

P.6. Розробка комбінованого джерела теплохолодопостачання

P.7. Система автоматизації приміщення басейну

P.8. Охорона праці та навколишнього середовища

Список літератури

Додатки

5. Графічний матеріал за розділами

Р.1. Генплан розташування житлового будинку. Фасад будинку.

Р.4. План на відмітці -3.100 та 0.000 системи радіаторного опалення.

Р.4. План на відмітці 3.900 та 0.000 система підлогового опалення.

Р.4.5 План на відмітці +3.900. Вузли обв'язки радіаторів та фанкойла.

Р.4. Аксонометричні схеми системи опалення.

Р.5. Фрагмент плану на відмітці -0.450 та 0.000 та +3.900 системи вентиляції.

Розріз 1-1. Розташування обладнання та трубопроводів.

Р. 6 Принципова схема джерела тепло- холодопостачання .

Р.6. Розташування обладнання та трубопроводів. План на відм. -3,100. Розрізи 1-1, 2-2, 3-3 6-6, 7-7. План на відм. -4,300. Розрізи 4-4, 5-5

Р.7. Схема автоматизації

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вихідні дані, характеристика об'єкту будівництва (житлового будинку)	Вересень 2024
Розділ 2. Аналіз використання теплових насосів та сонячних колекторів для теплозабезпечення житлових будинків	Вересень 2024
Розділ 3. Визначення тепловтрат та теплонадходжень	Вересень 2024
Розділ 4. Проектування системи опалення	Жовтень 2024
Розділ 5. Проектування системи вентиляції та кондиціонування повітря	Жовтень 2024
Розділ 6. Розробка комбінованого джерела теплохолодопостачання	Жовтень 2024
Розділ 7. Система автоматизації приміщення басейну	Жовтень 2024
Розділ 8. Охорона праці та навколишнього середовища	Жовтень 2024
Остаточне оформлення роботи	Листопад 2024
Направлення роботи для перевірки на плагіат	Листопад 2024
Попередній захист роботи на кафедрі	Листопад 2024
Направлення роботи на рецензування	Листопад 2024

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 7.	ас.Соболевська Т.Г.		
Розділ 8.	доц.Клімова І.В.		

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав.кафедри \_\_\_\_\_ Кириченко М.А.

( підпис )

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Чепурна Н.В.

( підпис )

(прізвище та ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_ Дмитрієв Г.С..

( підпис )

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

- 1. Вихідні дані, характеристика об'єкту будівництва (житлового будинку)**
- 2. Аналіз використання теплових насосів та сонячних колекторів для теплохолодозабезпечення житлових будинків**
  - 2.1. Типи теплових насосів, їх характеристики та використання у світі
  - 2.2. Використання сонячної енергії
  - 2.3. Визначення найбільш ефективних рішень для теплозабезпечення житлових будівель
  - 2.4. Критерії вибору теплового насосу та сонячних колекторів
  - 2.5. Техніко-економічні показники
- 3. Визначення тепловтрат та теплонадходжень**
- 4. Проектування системи опалення**
  - 4.1. Потужність системи опалення житлового будинку
  - 4.2. Характеристика системи опалення
  - 4.3. Розрахунок і підбір обладнання
- 5. Проектування системи вентиляції та кондиціонування повітря**
  - 5.1. Основний розрахунок повітрообміну
  - 5.2. Розробка та підбір системи «чілер-фанкойл»
  - 5.3. Аеродинамічний розрахунок
  - 5.4. Проектування системи вентиляції басейну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

**6. Розробка комбінованого джерела теплохолодопостачання**

**7. Система автоматизації приміщення басейну**

**8. Охорона праці та навколишнього середовища**

8.1. Аналіз проекту по небезпечним і шкідливим факторам

8.2. Заходи профілактики виявлених факторів

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

**1. Вихідні дані, характеристика об'єкту будівництва  
(житлового будинку)**

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даними, що використовуються для розробки інженерних систем житлового будинку, стали.:

Завдання до виконання атестаційної випускної роботи;

- ДБН В.2.2-13-2003 Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди [1];
- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, - Київ, Мінрегіонбуд України. 2014 [2];
- ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с [3];
- ДБН В 2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [4].

Архітектурно планувальне рішення:

- Двохповерхова житлова будівля з цокольним поверхом та басейном.

Прийняті вихідні дані при проектуванні опалення:

- Розрахункова географічна широта –  $52^{\circ}$  пн.ш.;
- Барометричний тиск – 990 КПа;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення у холодний період року  $t=-22^{\circ}\text{C}$ ;
- Середня температура опалювального періоду –  $t_{o.c.}=-1,1^{\circ}\text{C}$ ;
- Тривалість опалювального періоду – 187 діб;
- Швидкість вітру в холодний період (січень) – 5,3 м/с.

Теплопостачання котеджного типу житлового будинку для інженерних систем здійснюється за допомогою індивідуальної топкової, розташованої на відмітці -3.100. Планується, що обладнання джерела тепла працюватиме в автоматичному режимі без потреби в постійному обслуговуванні персоналом..

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

**2. Аналіз використання теплових насосів та сонячних колекторів для теплозабезпечення житлових будинків**

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1. Типи теплових насосів, їх характеристики та використання у світі

Теплові насоси можна класифікувати за наступною ознакою [5-7]:

- за принципом дії;
- за використовуваними джерелами низькопотенційного тепла; – по поєднанню використовуваного низькопотенційного тепла з середовищем, що нагрівається в теплових насосах; – за видами енергії, що витрачається.

За першою ознакою розрізняють паро-компресорні, абсорбційні і термоелектричні теплові насоси.

Як джерела низькопотенційного тепла для теплових насосів можуть бути використані:

- зовнішнє повітря;
- поверхневі води (річка, озеро, море);
- підземні води;
- ґрунт;
- сонячна енергія;
- низькопотенційне тепло штучного походження (скидні води, нагріті води технологічних процесів і ін.).

При класифікації за поєднанням джерел низькопотенційного тепла і середовища, що нагрівається, розрізняють наступні варіанти:

- повітря-повітря;
- повітря-вода;
- ґрунт-повітря;
- ґрунт-вода;
- вода-повітря; – вода-вода.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

За видами енергії, що витрачається, розрізняють теплові насоси, що використовують електроенергію, паливо того або іншого вигляду, вторинні енергетичні ресурси. [6]

Теплові насоси стали однією з найвпливовіших технологій у майбутньому сталому енергетичному розвитку. Ці пристрої здатні передавати тепло з природного середовища, такого як земля, повітря або вода, а також з інших джерел промислових або побутових відходів. Вони переміщують тепло з області з низькою температурою в область з вищою температурою (або навпаки), використовуючи невелику кількість електроенергії, і застосовуються як для охолодження та обігріву приміщень, так і для нагрівання води для побутових потреб (ГВП). [8]

Ефективність теплового насоса визначається шляхом порівняння кількості теплової енергії, виробленої тепловим насосом, і кількості енергії, яку він споживає, що в свою чергу, виражається коефіцієнтом продуктивності (COP) - відношенням кількості тепла/охолодження в кіловатах, виробленого тепловим насосом,  $Q$ , до кіловат потужності, спожитої тепловим насосом,  $W$ . [9,10]

Геотермальні теплові насоси (рис.2.1) або теплові насоси на основі геотермальних джерел використовують тепло Землі через теплообмінники, заглиблені в землю. Це дозволяє збільшити видобуток тепла, але в той же час робить глобальну систему опалення більш дорогою і руйнівною.

Серед цих рішень можна виділити дві основні категорії: система «вода-повітря» (найчастіше використовується в офісних будівлях), яка використовує воду для теплообміну з землею і повітря для обігріву приміщення, і альтернатива «вода-вода» (особливо використовується в житловому секторі), яка застосовує воду для обох цілей. У глобальних геотермальних системах часто зустрічаються дві різні конфігурації: системи з відкритим контуром (також включають теплові насоси на поверхневих водах), які забирають воду безпосередньо з найближчого водоносного горизонту або річки через видобувну

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

свердловину і повертають її після проходження через установку через другу нагнітальну свердловину.

Геотермальна енергетика поступово набуває все більшого поширення, являючи собою реальний варіант сприяння досягненню Паризької угоди щодо обмеження підвищення температури атмосфери на 2 °С або менше. Інші додаткові європейські політики підтримують розробку рішень для опалення та охолодження з використанням відновлюваних джерел енергії, покладаючи великі надії на неглибоко залягаючу геотермальну енергію.

Отже, протягом останніх кількох років особлива увага приділяється згаданій неглибокій геотермальній енергії, яка використовується ґрунтовими тепловими насосами (ГТН) для просування вперед декарбонізації житлового сектору. Незважаючи на цей факт і високий потенціал цієї енергії, лише близько 2% відновлюваного опалення та охолодження в Європі виробляється за допомогою цих систем. [11] Причини такого низького рівня використання геотермальної енергії в основному пов'язані з нетехнологічними бар'єрами, такими як авансові витрати, правові питання або низька видимість та обізнаність кінцевих споживачів. У зв'язку з цим, для вирішення всіх цих проблем необхідні різні заходи, починаючи з регіональних і національних заходів і закінчуючи новими дослідженнями, спрямованими на оптимізацію цього потенціалу, але все ще недостатньо поширеними рішеннями.

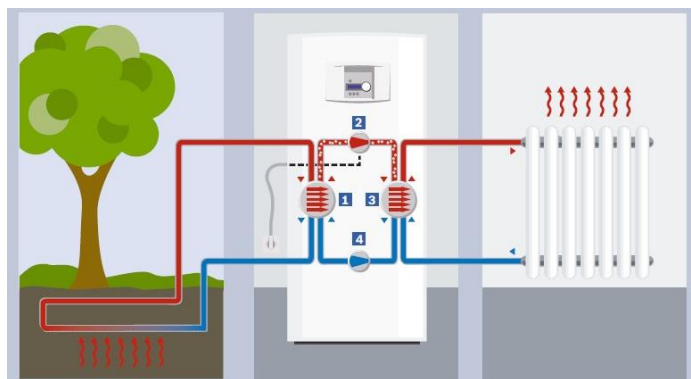


Рисунок 2.1. Принципова схема теплонасосної системи з ґрунтовими водами

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У свою чергу, існують замкнуті системи теплообміну, які базуються на використанні герметичного теплообмінника, що витягує тепло з підземного джерела, розташованого в скелях або ґрунті. Ці труби можуть бути розташовані горизонтально, на глибині 1-2 м, хоча найпоширенішою схемою є використання вертикальних свердловин глибиною 100-150 м, які значно збільшують теплообмін з ґрунтом завдяки здатності експлуатувати тепловий ресурс при постійній температурі протягом усього року і вищим значенням температури, що досягаються на цих рівнях.

Теплова потужність цих систем безпосередньо пов'язана з розміром заглиблених теплообмінників, тому життєво важливо виконати правильний розрахунок системи, щоб уникнути втрати теплового комфорту під час поступової експлуатації установки. У цьому сенсі особливо важливим є поглиблене дослідження надр для визначення переважаючих геологічних формацій на глибині та їх здатності до теплообміну з компонентами геотермальної системи.

#### Повітряні теплові насоси

Системи повітряних теплових насосів засновані на використанні різниці між температурою повітря в приміщенні та на вулиці для обігріву/охолодження певного простору. Ці пристрої зазвичай поділяються на два основних різновиди: системи типу «повітря-повітря» (рис. 2.2) та «повітря-вода».

Перша категорія безпосередньо нагріває повітря в приміщенні за допомогою настінного блоку (різні внутрішні блоки можуть бути підключені до компресора як мульти-спліт-системи, щоб збільшити кількість кімнат, які потрібно обігрівати). Більшість цих систем є реверсивними, тобто можуть працювати як на обігрів, так і на охолодження.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

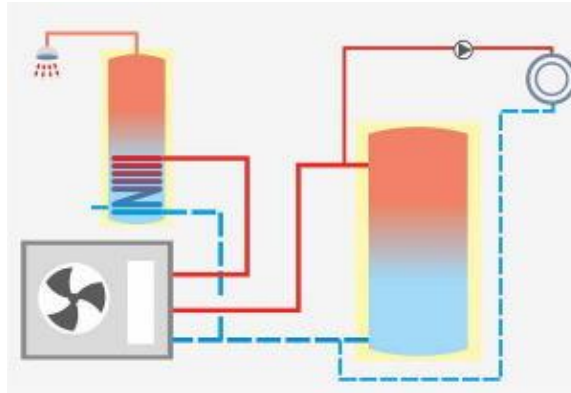


Рисунок 2.2. Схема теплового насоса типу повітря – повітря

З іншого боку, теплові насоси типу «повітря-вода» (рис.2.3) інтегровані в гідравлічну систему центрального опалення, метою якої є забезпечення будівлі опаленням і гарячою водою. Крім зовнішнього компресора, спліт-системи також потребують блоку управління і компактного теплообмінника, розміщеного поруч з водонагрівачем для передачі тепла від холодоагенту.

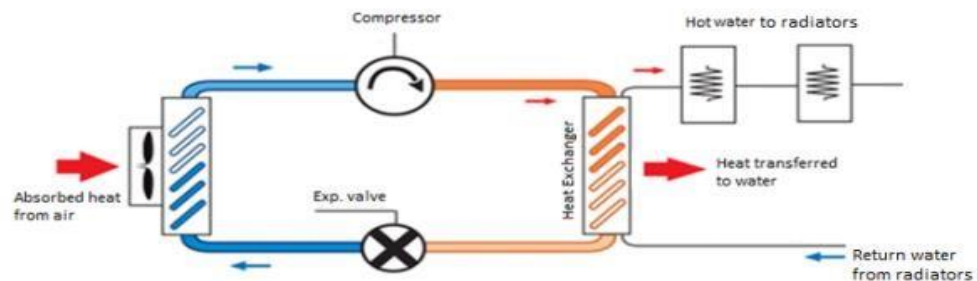


Рисунок 2.3. Схема роботи теплового насосу «повітря- вода»

Теплові насоси «повітря- вода» є найбільш широко використовуваними тепловими насосами і присутні в багатьох країнах, їм часто надають перевагу в помірному кліматі і в тих будинках, що розташовані в міських районах з високою щільністю забудови і обмеженою прилеглою територією. Альтернативи опалення повітря-повітря широко розповсюджені в Південній Європі та Азії, де кліматичні умови дозволяють використовувати їх як для опалення, так і для кондиціонування повітря.

Оглянута література свідчить про те, що ТН мають ряд переваг з точки зору вищої енергоефективності, нижчої вартості життєвого циклу і меншого

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

впливу на навколишнє середовище, все це в поєднанні з більшою надійністю системи та іншими практичними причинами. Коротше кажучи, системи на основі ТН рекомендуються у тих випадках, коли йдеться про новобудови з високим енергоспоживанням і коли користувач може зіткнутися з високими або помірними початковими капіталовкладеннями. Системи GSHP також вважаються пріоритетними в кліматі з великими сезонними коливаннями температури. Що стосується ASHP, то вони підходять, коли місцевий клімат є м'яким, коли наявність землі не дозволяє провести заземлення або коли користувач надає перевагу більш коротким періодам окупності. Однак, більшість з цих тверджень залежать від конкретного випадку, що вивчається, і, зокрема, від кліматичних умов, в яких знаходиться простір.

Незважаючи на загальні правила, згадані вище, все ще існує реальність, що в багатьох випадках користувач не має необхідної інформації, щоб визначити, який тип теплового насоса є найбільш підходящим для конкретних характеристик об'єкта, що підлягає обігріву. Оскільки більшість існуючих досліджень були зосереджені на аналізі опалення та охолодження в промислових енергетичних системах, існує явна нестача точної інформації в цьому відношенні, адаптованої до побутового сектору.

Теплові насоси на воді використовують водойми, такі як озеро або річка, як джерело тепла. Вони подібні до ґрунтових теплових насосів з точки зору продуктивності та ефективності, але потребують доступу до водойми і можуть бути дорожчими в установці. [12]

Ґрунтові води, температура яких протягом року складає 8-10°C, мають сприятливі властивості для використання в теплових насосах без підготовчих процесів. Інфільтрація охолодженої води здійснюється в тому випадку, коли ґрунтова вода не може бути використана для технологічних потреб.

Водопідйомні та інфільтраційні колодязі повинні бути розташовані один від одного не менше ніж на 15 м. Вода відкритих водоймищ, таких, як озера,

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моря та ріки, також може служити джерелом теплоти. При її використанні, як і у випадку з повітрям, трапляються труднощі взимку: Вода надходить з температурою 4-7°C.

Щоб вона не замерзала, її не слід охолоджувати до 1-2°C.

Слабо нагріта вода як джерело теплоти — найбільш привабливе джерело. Тому викидна вода в побуті сільських і міських будинків (ванни, душі посудомийні і пральні машини) може використовуватись як джерело теплоти теплових насосів.

Зараз на ринку України присутні такі виробники теплових насосів, як Daikin, Mitsubishi Electric, Gree, Haier, Bosch, Viessmann, Nibe, Vaillant та інші.

Розрахунок теплового навантаження. Першим кроком у виборі теплового насоса для житлового будинку є розрахунок теплового навантаження будівлі. Це передбачає оцінку кількості теплової енергії, необхідної для підтримки комфортної температури всередині будівлі в найхолодніші дні року. Розрахунок теплового навантаження враховує такі фактори, як розмір будівлі, ізоляція, вікна та вентиляція.

Обрати тип теплового насоса. Після завершення розрахунку теплового навантаження наступним кроком є визначення типу теплового насоса, який найкраще підходить для будівлі. Існує кілька типів теплових насосів, включаючи повітряні, ґрунтові та водяні теплові насоси. Кожен тип має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від таких факторів, як місцевий клімат, наявність місця та бюджет. [12]

Врахувати показники ефективності. При виборі теплового насоса важливо враховувати його показники ефективності. Найчастіше використовуються коефіцієнт продуктивності і сезонний коефіцієнт енергоефективності (для охолодження і сезонний коефіцієнт продуктивності для опалення).

Визначити розмір. Після визначення типу теплового насоса та показників ефективності, наступним кроком є вибір відповідного розміру теплового насоса.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Завеликий тепловий насос призведе до вищих початкових витрат і вищих експлуатаційних витрат, тоді як замалий тепловий насос не забезпечить достатнього опалення чи охолодження. Розрахунок розміру враховує розрахунок теплового навантаження, а також інші фактори, такі як орієнтація будівлі, розмір вікон та ізоляція. [13]

Таблиця 2.1. Повний аналіз ринку теплових насосів

Країна	Обсяг продажу за 2022 рік	Зростання у порівнянні з 2021 роком(%)	Зростання у порівнянні з 2021 роком(шт.)
Австрія	49204	+59%	+18227
Бельгія	32956	+66%	+13121
Чехія	60065	+99%	+29886
Данія	88833	+20%	+14892
Фінляндія	196359	+52%	+66984
Франція	463672	+20%	+76176
Німеччина	236000	+53%	+82000
Італія	502349	+37%	+134429
Нідерланди	123208	+80%	+54796
Норвегія	156295	+25%	+31267
Польща	195480	+102%	+98540
Португалія	29969	+17%	+4357
Швеція	215373	+60%	+81875

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Швейцарія	41209	+22%	+7505
Іспанія	59070	+21%	+28129
Велика Британія	68412	+40%	+17103

Загальна кількість теплових насосів опалення та ГВП сягає близько 20 мільйонів, вони забезпечують 16 % потреб усіх користувачів з опалення та нагріву води у Європі.

Найбільше зростання виявилось у Польщі, нашому найближчому сусіду України серед країн Євросоюзу. Це напряду свідчить про великий потенціал теплових насосів в Україні. З прагненням приблизити українське законодавство ближче до європейських норм - стане більш нагальною потребою для української енергетики та ринку притримуватися і відповідати європейським тенденціям і нормам. [13]

Серед трійки лідерів з продажу теплових насосів є Чехія(99% зростання) та Нідерланди(80%). В Європі ТН скандинавські країни, включаючи Швецію, Норвегію та Фінляндію, є лідерами у впровадженні теплових насосів завдяки своїм сприятливим кліматичним умовам та політиці, що стимулює використання відновлюваних джерел енергії для опалення. Теплові насоси забезпечували 60% опалення в Норвегії та понад 40% у Фінляндії та Швеції.

Німеччина, Франція та Великобританія також є важливими ринками для теплових насосів в Європі. [14]

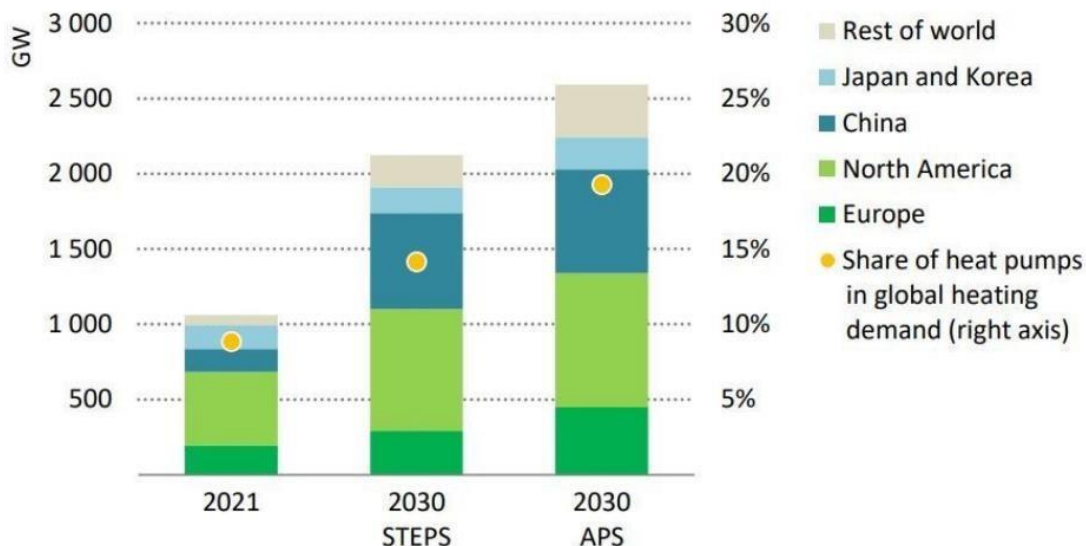
В Азії в Японії, Південній Кореї та Китаї спостерігається значне зростання використання теплових насосів, особливо для опалення та охолодження приміщень у житлових і комерційних будівлях.

У Північній Америці використання теплових насосів зростає, особливо в Сполучених Штатах і Канаді, оскільки політики і споживачі надають пріоритет скороченню викидів парникових газів і енергоспоживання (рис. 2.4).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



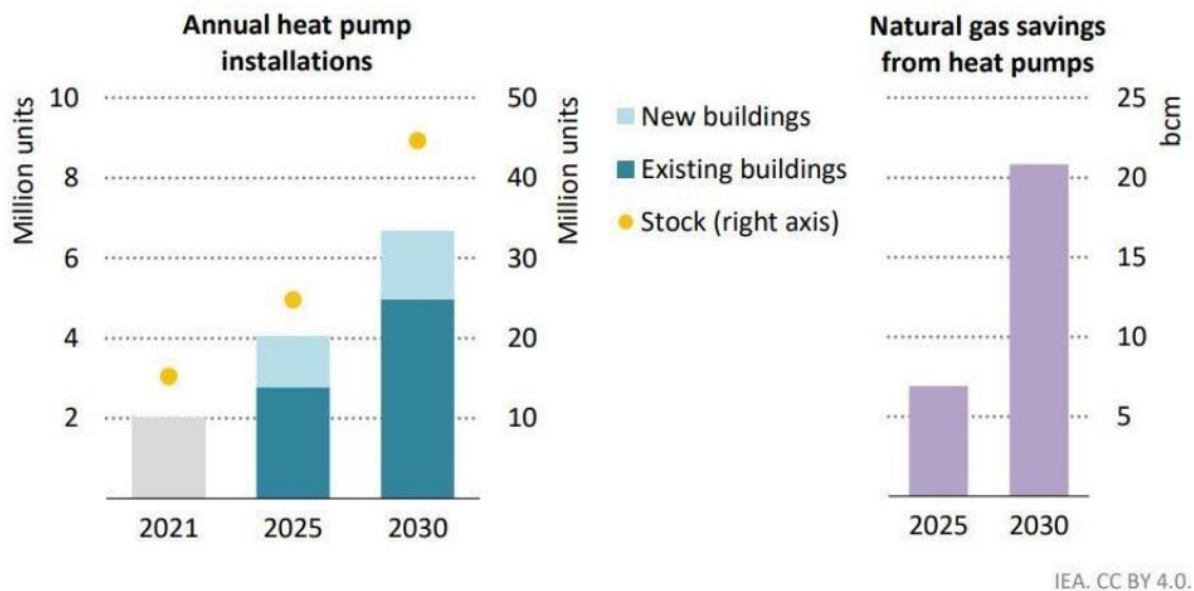
IEA. CC BY 4.0.

*Around 20% of heating needs are met by heat pumps in 2030 in the APS, with China, North America and Europe remaining the leading markets*

Рисунок 2.4. Гістограма, що показує попит на опалення та частку теплових насосів у світі

Будинки з поганою ізоляцією або неефективними системами опалення, такими як масляні або газові котли, можуть відчутно найбільш значну економію енергії та скорочення витрат після встановлення теплових насосів. Теплові насоси є більш ефективними, ніж традиційні системи опалення, і в поєднанні з належною ізоляцією вони можуть зменшити споживання енергії та заощадити гроші власників будинків на рахунках за електроенергію (рис. 2.5).

У Німеччині стали вводити державні програми щодо забезпечення установ, виробництв, просто житлових приміщень тепловими насосами. Завдяки гарному економічному розвитку країни вже понад 40% таких приміщень по всій країні вдалося оснастити необхідною технікою. Якщо говорити про цифри, то 450 00 пристроїв вже встановлено.



*New heat pump installations cut the consumption of gas by 7 bcm in 2025 and 21 bcm by 2030 in the APS, roughly equal to 15% of Russian imports today*

Рисунок 2.5. Діаграми, які показують, скільки природного газу можуть замінити теплові насоси

Разом з Німеччиною щодо впровадження даних технологій в Європі лідирує Франція і Італія. Всі ці країни вважаються орієнтирами і прикладами успішного застосування геотермального опалення та теплових насосів у всій Європі (Рис. 2.6).

Важливо, що німецька держава частково спонсорує геотермальні проекти і допомагає тим, хто приймає рішення перейти на теплові насоси. Але також важливо, що і прості німці, які встановили системи самостійно, залишаються в захваті, завдяки чистому доквіллі, якісному обігріву приміщень, а також справній роботі насосів [15].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

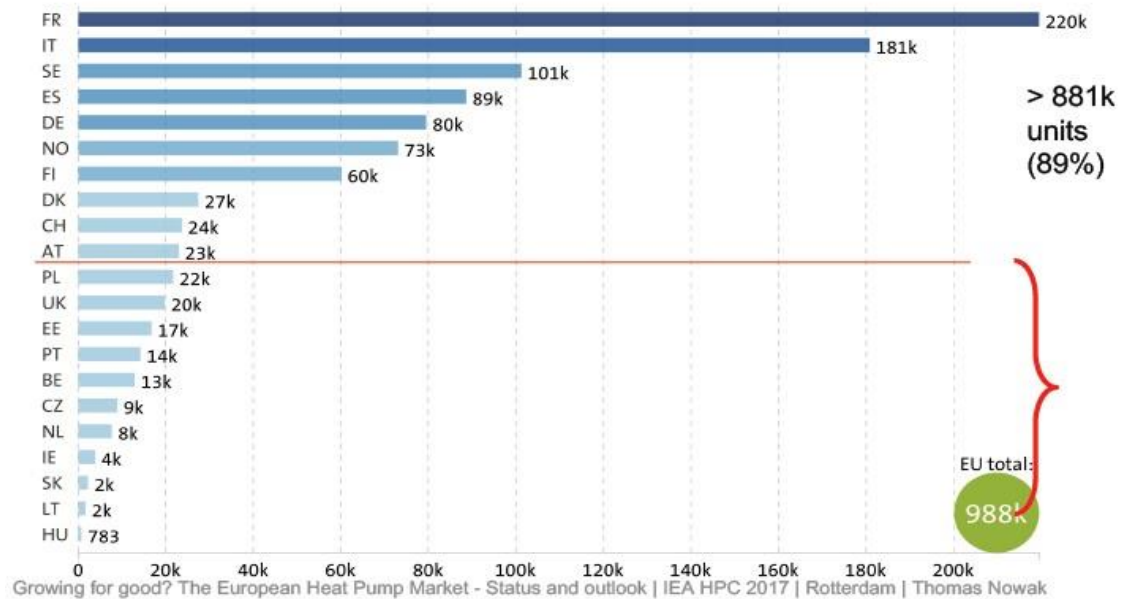


Рисунок 2.6. Рейтинг країн Європи за кількістю встановлених теплових насосів.

## 2.2. Використання сонячної енергії

Сонячна тепла технологія - це ефективний спосіб уловлювання енергії сонця і використання її для нагріву води та приміщень. Сонце є надзвичайно потужним джерелом енергії, і сонячне світло є найбільшим джерелом енергії, яку отримує Земля, але його інтенсивність на поверхні Землі насправді досить низька. Це пов'язано, головним чином, з величезним радіальним поширенням випромінювання від далекого Сонця. Відносно невелика додаткова втрата відбувається через земну атмосферу і хмари, які поглинають або розсіюють до 54 відсотків сонячного світла, що надходить на Землю. Сонячне світло, яке досягає землі, складається з майже 50 відсотків видимого світла, 45 відсотків інфрачервоного випромінювання і меншої кількості ультрафіолетового та інших форм електромагнітного випромінювання.

Серед найпоширеніших пристроїв, що використовуються для уловлювання сонячної енергії та перетворення її в теплову, є плоскі колектори,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

які застосовуються для сонячного опалення. Оскільки інтенсивність сонячного випромінювання на поверхні Землі дуже низька, ці колектори повинні мати велику площу. Наприклад, навіть у сонячних частинах помірних регіонів світу колектор повинен мати площу близько 40 квадратних метрів (430 квадратних футів), щоб зібрати достатньо енергії для забезпечення енергетичних потреб однієї людини. [16]

В Україні сонячні колектори можуть використовуватися як для гарячого водопостачання, так і для опалення приміщень. Сонячна теплова енергія особливо ефективна в південних регіонах України, де протягом року багато сонячного світла.

Використання сонячного випромінювання в якості теплової енергії називається сонячним тепловим обігрівом (рис. 2.7) . Його не слід плутати з ефектом фотovoltaїки, який полягає в отриманні електричного струму від сонячного світла. Високий рівень можливостей сонячної енергії давно було визнано у світі, а ефективність використання цих технологій, було доведено шляхом досліджень та випробувань.

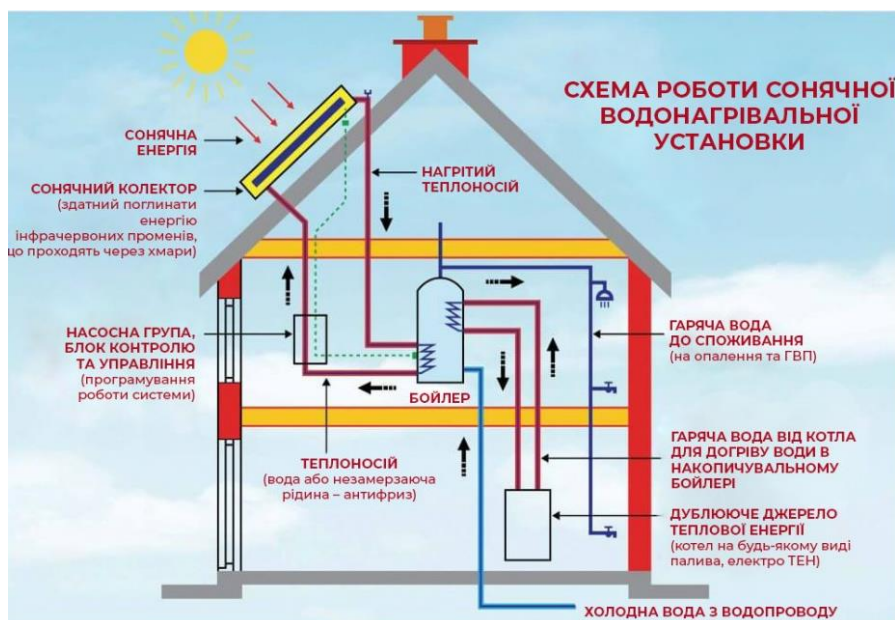


Рисунок 2.7. Схема роботи сонячного колектора для потреб опалення та гарячого водопостачання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### Переваги сонячної енергії:

- нескінченна кількість безкоштовної енергії;
- відсутність викидів CO<sub>2</sub> під час роботи;
- економія витрат: на 60% менше енергії для нагріву води, на 25% менше енергії для опалення;
- скорочує споживання викопних видів палива;
- сонячну теплову систему можна інтегрувати в існуючі системи.

Сонячні колектори працюють за принципом чорного садового шланга, який лежить на сонці. Поверхня шланга поглинає сонячні промені і, зокрема, теплове випромінювання, нагріваючи при цьому воду, яка в ньому знаходиться.

Сонячний нагрів працює таким чином:

1. Колектори за допомогою поглинача (абсорбера) поглинають сонячне світло. У ньому нагрівається особливий рідкий теплоносій.
2. Насос подає рідину на теплообмінник сонячного акумулятора.
3. У ньому теплова енергія передається на акумуляуючий бак.
4. При недостатності сонячної радіації для нагріву води, звичайна опалювальна система підігріває акумуляуючий бак до встановленої температури.

Сонячна теплова система залежно від конструкції покриває приблизно до 60% енергії необхідної для задоволення потреб у гарячій воді. Крім виробництва гарячої води для побутових потреб нагрітий в колекторах теплоносій може використовуватися для додаткового підігріву системи опалення. Цей метод забезпечує підтримку системи опалення і дає суттєву економію. Таким чином, навіть при помірних температурах, завдяки системі сонячної підтримки, блок нагріву часто може залишатися вимкненим.

Ключовим елементом даного рішення є комбінована буферна ємність у поєднанні зі станцією приготування гарячої води. При достатньому рівні сонячного випромінювання теплоносій, який знаходиться в сонячній системі,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

нагріває воду в буферній ємності за допомогою теплообмінника, що знаходиться в її нижній частині. У разі зменшення температури, наприклад, через те, що Ви довго приймаєте душ, вмикається другий нагрівальний контур (наприклад, від газового котла), який здійснює додатковий нагрів води. [17]

Сонячна тепла енергія є перспективним відновлюваним джерелом енергії в Україні, особливо для забезпечення гарячого водопостачання та опалення приміщень. Україна має багаті сонячні ресурси, в середньому 1 500-2 500 годин сонячного сяйва на рік, що робить сонячні теплові системи ефективним та економічно вигідним способом виробництва тепла.

В останні роки Україна активно сприяла розвитку сонячних теплових систем за допомогою різних політичних заходів та ініціатив. У 2017 році український уряд запровадив схему «зеленого» тарифу для відновлюваних джерел енергії, включаючи сонячну теплову енергію. Схема «зеленого» тарифу передбачає фінансові стимули для встановлення сонячних теплових систем зі ставкою тарифу 0,21 євро за кВт-год для систем потужністю до 150 кВт.

На додаток до схеми «зеленого» тарифу, український уряд також впровадив низку інших заходів для сприяння розвитку сонячної теплоенергетики, таких як надання субсидій на встановлення сонячних водонагрівачів у житлових будинках, а також розробка технічних керівництв і стандартів для сонячних теплових систем.

Використання сонячної теплової енергії в Україні все ще перебуває на ранніх стадіях розвитку і має значний потенціал для подальшого зростання. За наявності належної політичної бази та стимулів, сонячна енергія може відігравати важливу роль у задоволенні енергетичних потреб України, одночасно зменшуючи викиди парникових газів та сприяючи енергетичній безпеці.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

### 2.3. Визначення найбільш ефективних рішень для теплозабезпечення житлових будівель

Геотермальне опалення.

Термін «геотермальне» означає «тепло від землі». Геотермальне опалення, або опалення з підземних джерел, як його ще називають, не обов'язково відноситься до природних гарячих джерел, які можна знайти по всій Новій Зеландії. У цих районах вода з гарячих джерел подається безпосередньо в будинки для обігріву.

Геотермальне опалення, про яке ми говоримо, - це передача тепла від землі, яка не є природно гарячою. Ці системи забирають тепло з-під землі за допомогою труб у вертикальній свердловині або серії труб, прокладених горизонтально на глибині кількох метрів під поверхнею, і рідини в трубах, яка передає тепло від землі до приладу, що підвищує температуру до рівня, придатного для опалення будинку (рис. 2.8).

Сонячна енергія поглинається землею протягом року. Захищена від екстремальних спекотних чи холодних температур повітря, земля тут цілий рік зберігає температуру близько 12°C. Тепло, яке ви отримуєте від рідини в трубах у землі, саме по собі не буде достатньо теплим, щоб обігріти будинок. Його необхідно «підвищити» до рівня, необхідного для обігріву будинку за допомогою електричного приладу, відомого як «геотермальний або ґрунтовий тепловий насос». Іншими словами, земля виробляє величезну кількість низькотемпературного тепла, яке тепловий насос перетворює на невелику кількість високотемпературного тепла, придатного для обігріву будинку.

Геотермальний або ґрунтовий тепловий насос - це електричний прилад, який вичавлює максимальну кількість енергії з одиниці електроенергії.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



приміщенні. Геотермальні теплові насоси, які видобувають тепло з землі, також є варіантом, але вони вимагають більш масштабної установки і можуть бути дорогими. [19]

Однією з переваг використання теплових насосів в Україні є те, що вони можуть бути більш енергоефективними, ніж традиційні системи опалення. Це пов'язано з тим, що вони не покладаються на спалювання викопного палива для виробництва тепла, яке може бути дорогим і сприяти забрудненню повітря. Крім того, теплові насоси можна використовувати для охолодження в літні місяці, що робить їх універсальним варіантом для цілорічного комфорту.

Однак важливо зазначити, що ефективність теплових насосів може бути обмежена при дуже низьких температурах, що може викликати занепокоєння в умовах суворих зим в Україні. У таких ситуаціях можуть знадобитися додаткові джерела опалення, щоб доповнити потужність теплового насоса.

Теплові насоси можуть бути хорошим варіантом для опалення будівель в Україні, особливо в м'яких зимових умовах. Важливо враховувати специфіку клімату та потреби будівлі в опаленні, перш ніж вирішити, чи є тепловий насос правильним вибором. Крім того, важливо співпрацювати з кваліфікованим фахівцем, щоб забезпечити належне встановлення та обслуговування системи. [20]

Проаналізувавши наведені дані [51] можемо кваліфікувати теплові насоси за способом відбору із зовнішнього середовища і передачі тепла в систему опалення будівлі:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

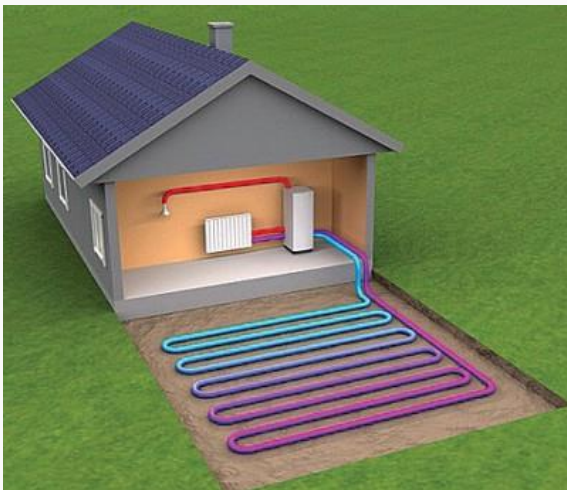
Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

(випарника). Безпосереднє нагрівання або охолодження повітря через повітряний теплообмінник. Іншими словами це звичайний кондиціонер з режимом «холод-тепло».



Повітряні теплові насоси «повітря-вода» - проводять відбір тепла з повітря зовнішнього середовища за допомогою повітряного теплообмінника (випарника). Передача тепла для нагріву приміщень в систему рідинного опалення відбувається через водяний теплообмінник.



Геотермальні теплові насоси «вода-вода» - проводять відбір тепла з водойм, ґрунту через спеціальні рідинні теплообмінники, які розташовані всередині джерела тепла, часто їх називають геотермальний зонд. Передача тепла для нагріву / охолодження приміщень в систему рідинного опалення відбувається

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

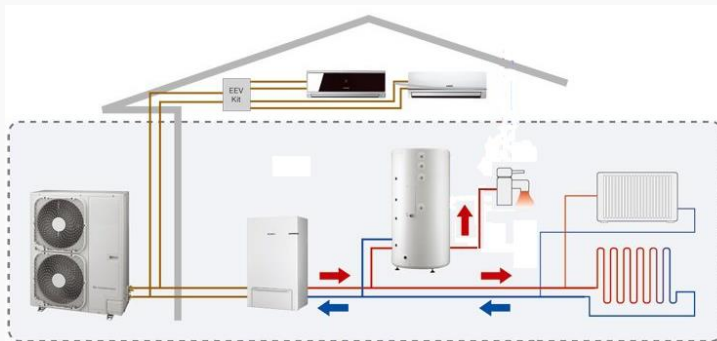
Арк.

через водяний теплообмінник.



Полівалентні (або гібридні) теплові насоси - дозволяють проводити відбір тепла від двох джерел тепла або від зовнішнього повітря або геотермальних зондів розташованих в ґрунті або водоймі. Такі насоси називають «вода + повітря-вода». Передача тепла для нагріву / охолодження приміщень в систему рідинного опалення відбувається через водяний теплообмінник.

За функціональними можливостями теплові насоси поділяються:



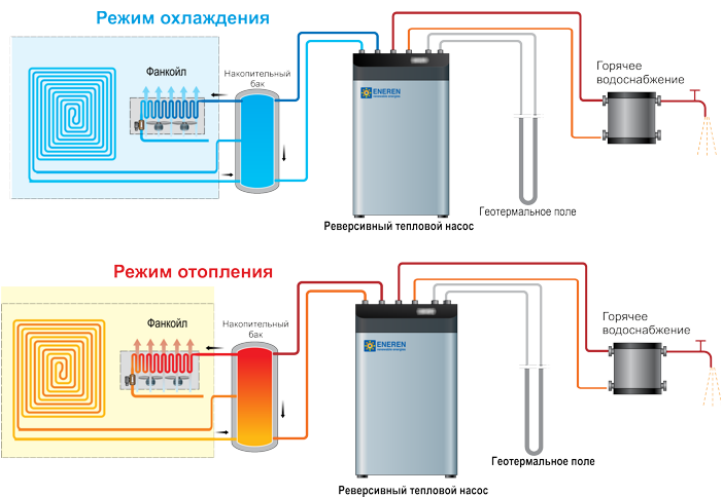
Простий тепловий насос, який працює тільки на нагрів повітря в приміщенні або теплоносія в системі опалення. Як правило такі ТН використовуються дуже рідко.

Реверсивний тепловий насос - дозволяє працювати по черзі на нагрів або на

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



охолодження теплоносія для фанкойлів, теплих підлог, з функцією забезпечення гарячого водопостачання для санітарних потреб (гріє воду в бойлері).



Тепловий насос, який дозволяє працювати одночасно на нагрівання санітарної води (ГВП) і охолодження теплоносія для кондиціонування приміщень, отримав назву тепловий насос з рекуператором тепла і як правило він має найвищий COP.

Теплові насоси розраховані на роботу з низькотемпературною системою опалення, тому вони нагрівають теплоносії для системи опалення не вище 35°-45° С, це перш за все пов'язано з тим, що всі хочуть мати високий COP теплового насоса (менше платити за опалення і гарячу воду). Але фізика теплового насосу така, що чим вище температура теплоносія тим нижче COP.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.4. Критерії вибору теплового насосу та сонячних колекторів

Вибір правильного теплового насосу може бути складною задачею, оскільки існує багато факторів, які необхідно врахувати. У цьому розділі розглянемо методику вибору теплового насосу для теплозабезпечення житлових будівель, щоб забезпечити комфортне та енергоефективне опалення житлового будинку.

Основною частиною цього етапу є визначення критеріїв вибору гібридної системи теплозабезпечення на основі теплових насосів. Для цього будуть розглянуті технічні параметри теплових насосів, такі як коефіцієнт продуктивності (COP), витрата теплоносія, температурний режим роботи та інші. Також будуть враховуватися вимоги до енергоефективності та економічності, зокрема, вартість системи, її ефективність та термін окупності. Існує кілька показників, які можна використовувати для оцінки ефективності теплових насосів. Ось деякі з найпоширеніших:

Коефіцієнт продуктивності (COP) - це коефіцієнт, який вимірює ефективність теплового насоса або холодильної системи. Він визначається як відношення теплової потужності до кількості енергії, необхідної для виробництва цієї потужності. COP виражається числом, більшим за одиницю, причому чим більше число, тим вища ефективність.

$$COP = \frac{Q_{\text{тепло}}}{N_{\text{потр}}} \quad (2.1)$$

Наприклад, якщо тепловий насос виробляє 3 кВт тепла на кожен 1 кВт спожитої електричної енергії, його COP дорівнює 3,0. Це означає, що тепловий насос втричі ефективніше виробляє тепло, ніж резистивний нагрівач, який виробляє 1 кВт тепла на кожен 1 кВт спожитої електроенергії.

COP є корисним показником для оцінки продуктивності теплових насосів, оскільки він безпосередньо вимірює кількість тепла, виробленого для даної

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

кількості спожитої енергії. Це також стандартизований показник, який широко використовується в промисловості, що дозволяє легко порівнювати продуктивність різних теплових насосів. Однак важливо зазначити, що COP (табл. 2.2) базується на ідеальних умовах експлуатації, а фактична продуктивність може змінюватися залежно від таких факторів, як температура, вологість і навантаження.

Таблиця 2.2.

Значення COP [21]

Значення COP (режим обігріву)	
A+++	$COP \geq 5.10$
A++	$4.60 \leq COP < 5.10$
A+	$4.00 \leq COP < 4.60$
A	$3.40 \leq COP < 4.00$
B	$3.10 \leq COP < 3.40$
C	$2.80 \leq COP < 3.10$
D	$2.50 \leq COP < 2.80$

Загалом, найбільш важливим показником для оцінки ефективності теплового насоса є COP, оскільки він безпосередньо вимірює відношення вихідної теплової потужності до вхідної енергії. Однак інші показники, такі як SEER і HSPF, можуть бути більш придатними для конкретних застосувань, наприклад, для теплових насосів з повітряним джерелом, що використовуються для охолодження або опалення.

Особливості застосування теплових насосів наведених [51] дають змогу зробити висновок, що тепловий насос вода-вода використовує в якості джерела тепла водойму або, найчастіше, геотермальні зонди, які розміщені в ґрунті. Вся

ця конструкція отримала назву -геотермальне поле. Ґрунт має позитивну температуру, що сприяє отриманню високого COP, незалежно від температури повітря зовнішнього навколишнього середовища, тобто зимові морози не впливають на роботу геотермального теплового насоса. Але, на жаль, за це доводиться платити ціну за монтаж геотермального поля - свердління свердловин і закладку в них геотермальних зондів. Крім усього, на присадибній ділянці потрібно виділити місце, де будуть пробурені свердловини для геотермального поля теплового насоса. В свою чергу, у геотермальних насосів є ще один плюс, а саме, для літнього кондиціонування приміщень можна використовувати холодну воду геотермального поля і не включати компресорне охолодження, що суттєво знизить енерговитрати на кондиціонування будівлі. Ця можливість реалізована у вигляді опції -Вільного охолодження.

#### Особливості вибору конструкції теплового насоса [51]:



По розташуванню блоків теплового насоса - в більшості випадків віддається перевага, коли всі основні вузли і блоки теплового насоса розташовані всередині приміщення, це позитивно відбивається на роботі теплового насоса в цілому, Відпадає необхідність використовувати нагрівальні елементи для захисту електронних компонентів, що неминуче призводить до зменшення споживання електроенергії . Тепловий насос знаходиться в комфортних умовах і не піддається зовнішнім атмосферним впливам. Зручніше проводити обслуговування та поточний ремонт, від чого щасливий сервісний персонал.

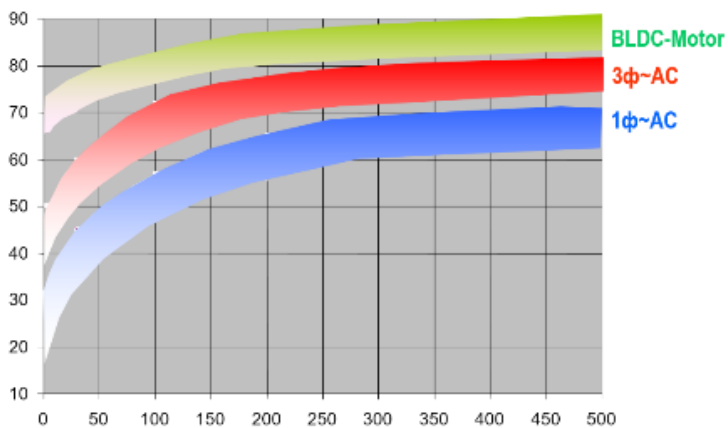
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



Серце теплового насоса - компресор, повинен бути роторний або скрол. Звертаємо Вашу увагу на привід компресорів, тобто електродвигун, який приводить в рух компресор. Двигун може бути асинхронний, або електронно-комутований (ЕК мотори), іноді їх називають Безщіточний мотор постійного струму, в зарубіжній літературі BrushLes Direct Current (BLDC). Компресор з таким мотором отримав назву - «BLDC компресор». Для управління роботою BLDC компресора необхідний інвертор, який завжди присутній в BLDC компресорах. Компресор з асинхронним двигуном можна підключати безпосередньо в мережу, їх називають "ON / OFF" або "СТАРТ / СТОП" компресори. Компресор з асинхронним двигуном, включений через інвертор, отримав назву - «інверторний компресор».



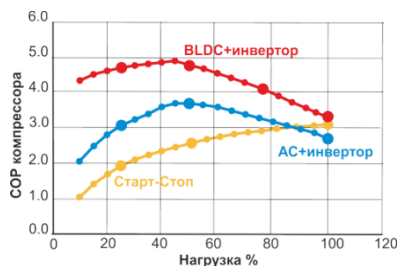
Ефективність двигунів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Порівняльна  
таблиця  
функціональних  
можливостей  
компресорів

Електронно-комутовані двигуни (вони ж BLDC) мають більшу ефективність у порівнянні з асинхронними двигунами, тобто більш енергоефективні.

Даний висновок підтверджується графіками залежності коефіцієнта енергоефективності від навантаження для різних типів компресорів. Таким чином, BLDC-компресори забезпечують найвищу ефективність у найбільш часто використовуваному діапазоні навантажень



У теплових насосів на BLDC компресорах, при часткових навантаженнях (модуляція потужності) COP значно зростає. Якщо враховувати, що тепловий насос протягом року, працює приблизно 70% часу на часткових навантаженнях. Перевага BLDC компресорів незаперечна.

Елемент від якого залежить робота компресора, це термо-розширювальний вентиль (ТРВ). Багато виробників застосовують Електронні ТРВ, які управляються мікропроцесорним контролером і дозволяють більш точно і швидше керувати всіма режимами роботи компресора, оскільки він здатний обробляти перехідні процеси за більш короткий час і працювати з дуже



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

маленьким  $\Delta P$ . Використання цього клапана дозволяє зменшити кількість енергії, споживаної компресором, коли навколишні умови дозволяють зменшити різницю між тиском конденсації і випаровування до значень нижче 5 Бар. Для управління ЕТРВ використовують спеціальні патентовані програмні продукти. В результаті електронний термо-розширювальні вентиль економніше на 20-30% ніж його механічний аналог. **ВАЖЛИВО:** Якщо Ви вибрали тепловий насос з інверторним компресором в ньому повинен бути електронний термо-розширювальний вентиль (ЕТРВ), інакше всі переваги інверторного теплового насоса будуть загублені, а головне COP високим бути не може при часткових навантаженнях.

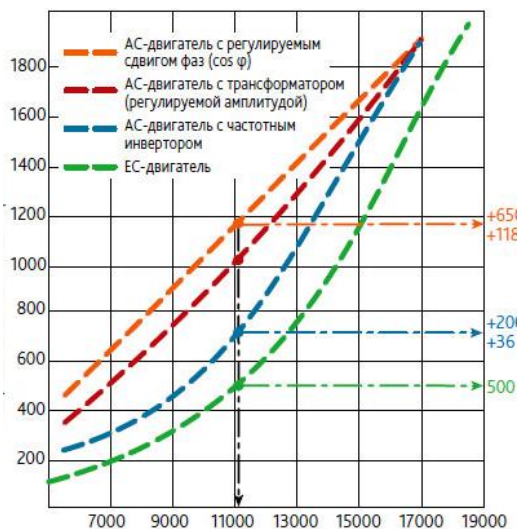


Циркуляційні насоси з мокрим ротором і електронно-комутованими двигунами (ЕК), що не вимагають технічного обслуговування, з високою ефективністю (клас А +) і з електронним управлінням, яке дозволяє управляти продуктивністю циркуляційного насоса.



Теплові насоси, оснащені ЕС-двигунами, як основна перевага яких, це відсутність прослизання магнітного поля в ЕС-двигунах, що має місце в АС-двигунах незалежно від

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



способу управління ними, це виключає втрати енергії, властиві даному несприятливому явищу. Отже, зведемо воєдино основні аргументи на користь ЕС:

- високий ККД;
- висока точність регулювання обертів двигуна;
- адаптивність відповідно до зміни внутрішніх кліматичних параметрів;
- малі пускові струми;
- режим роботи з низьким рівнем шуму і мінімальною вібрацією;
- тривалий термін служби, не потребує обслуговування

В цілому енергоспоживання і, відповідно, термін окупності теплових насосів з ЕС-двигунами скорочуються вдвічі.

## 2.5. Техніко-економічні показники

Термін окупності (PP) – це період часу, за який початкові витрати на реалізацію проекту покриваються сумарними результатами (економією) від його здійснення. Економічний зміст даного показника полягає в тому, щоб показати строк, за який інвестор поверне назад свої вкладені гроші (капітал) [22,23].

$$PP = \sum_{t=1}^n CF_t \geq I_0 \quad (2.2)$$

де,  $CF$  – грошові потоки,  $I_0$  – інвестиції,  $n$  – кількість періодів окупності інвестицій в проект.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Перевага статичних показників в простоті розрахунку. До недоліків даної групи можна віднести складність прогнозування майбутніх грошових надходжень / доходів від проекту.

Динамічними називаються показники, які визначаються на основі значень результатів за проектом протягом всього строку реалізації проекту. При їх розрахунку використовується техніка дисконтування. Важливим етапом цього методу є визначення ставки дисконту.

NPV – являє собою суму чистої економії за весь розрахунковий період з урахуванням зміни вартості грошей. Враховує не тільки витрати протягом життєвого циклу, а й ефект від реалізації заходів [22,23].

$$NPV = -Inv + \sum_{i=1}^n \frac{(E_i - C_i)}{(1+r)^i} \quad (2.3)$$

де  $n$  – кількість років в періоді;  $i$  – поточний рік;  $Inv$  – інвестиції в проект;  $E_i$  – економія за період;  $C_i$  – поточні витрати за період;  $r$  – норма дисконту.

Якщо  $NPV > 0$  – грошовий потік проекту за конкретний термін покрив своїми надходженнями інвестиції та поточні витрати.

Якщо  $NPV = 0$  – проект покрив інвестиції і поточні витрати та забезпечив мінімальний дохід.

Якщо  $NPV < 0$  – проект в розглянутий період не забезпечив навіть мінімального доходу, закладеного в ставці дисконтування, а можливо, не покрив навіть інвестиції та поточні витрати.

Основна перевага NPV полягає в тому, що всі розрахунки проводяться на основі грошових потоків, а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом підсумовування NPV його окремих підпроектів. Це дуже важлива властивість, яка дає змогу використовувати NPV як основний критерій при аналізі проекту.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Основним недоліком NPV є те, що її розрахунок вимагає детального прогнозу грошових потоків на термін життя проекту. Часто робиться припущення про постійність ставки дисконту.

Необхідно зауважити, що у разі незалежних проектів, і метод NPV, та IRR приводять до однакового результату про прийняття чи відхилення проектів. Але при оцінці взаємовиключних проектів, особливо проектів з різними масштабами чи розподіленням грошових потоків в часі, повинен бути використаний метод NPV [22,23].

Дисконтований термін окупності (DPP, Discounted Payback Period) – показник відображає період, через який окупляться початкові інвестиційні витрати. Формула розрахунку коефіцієнта подібна формулі оцінки періоду окупності інвестицій (PP), але з використанням дисконтування [24,25].

$$DPP = \sum_{i=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq I_0 \quad (2.4)$$

де,  $CF$  – фінансові потоки, що отримуються від реалізації інвестиційного проекту;  $r$  – ставка дисконтування;  $n$  – кількість періодів інвестування,  $I_0$  – інвестиції.

Перевагою коефіцієнта є можливість використовувати у формулі властивість грошей змінювати свою вартість з часом за рахунок інфляційних процесів. Це підвищує точність оцінки періоду повернення вкладеного капіталу. Недоліком показника є те, що використання даного коефіцієнта полягає в точному визначенні майбутніх грошових надходжень від інвестиції та оцінці ставки дисконтування. Ставка може змінюватися на всьому життєвому циклі інвестиції через дії економічних, політичних, виробничих факторів.

Метод розрахунку терміну окупності найбільш виправданий у випадку, коли інвестиції мають високий ступінь ризику. Тому чим менший термін окупності, тим менш ризикованим є проект. Але ці методи мають суттєвий

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

недолік, який полягає в ігноруванні потоків грошових коштів, які витрачаються чи надходять після завершення періоду окупності.

Необхідно визначити доступні для системи джерела тепла, якими в даному випадку є тепловий насос та сонячні панелі.

1. розглядається наявність території для встановлення ТН. Оскільки для встановлення ТН типу ґрунтвода та вода-вода необхідно мати велику площу, це питання є важливим.

2. сумісність з наявною системою вентиляцію. В данному випадку загальна система примусової припливно-витяжної вентиляції відсутня. Тож, якщо ми обираємо ТН повітря-повітря, то треба вкласти додаткові кошти на проектування вентиляції.

3. Сумісність з наявною системою опалення. Радіатори опалення, або більше використовуються електричні конвектори.

За кожне питання дається кількість балів від 0 до 1, де 0 балів – повна несумісність з наявними ресурсами об'єкта; 0,5 – часткова сумісність з ресурсами об'єкта; 1 – повна сумісність. Результати в таблиці 2.3:

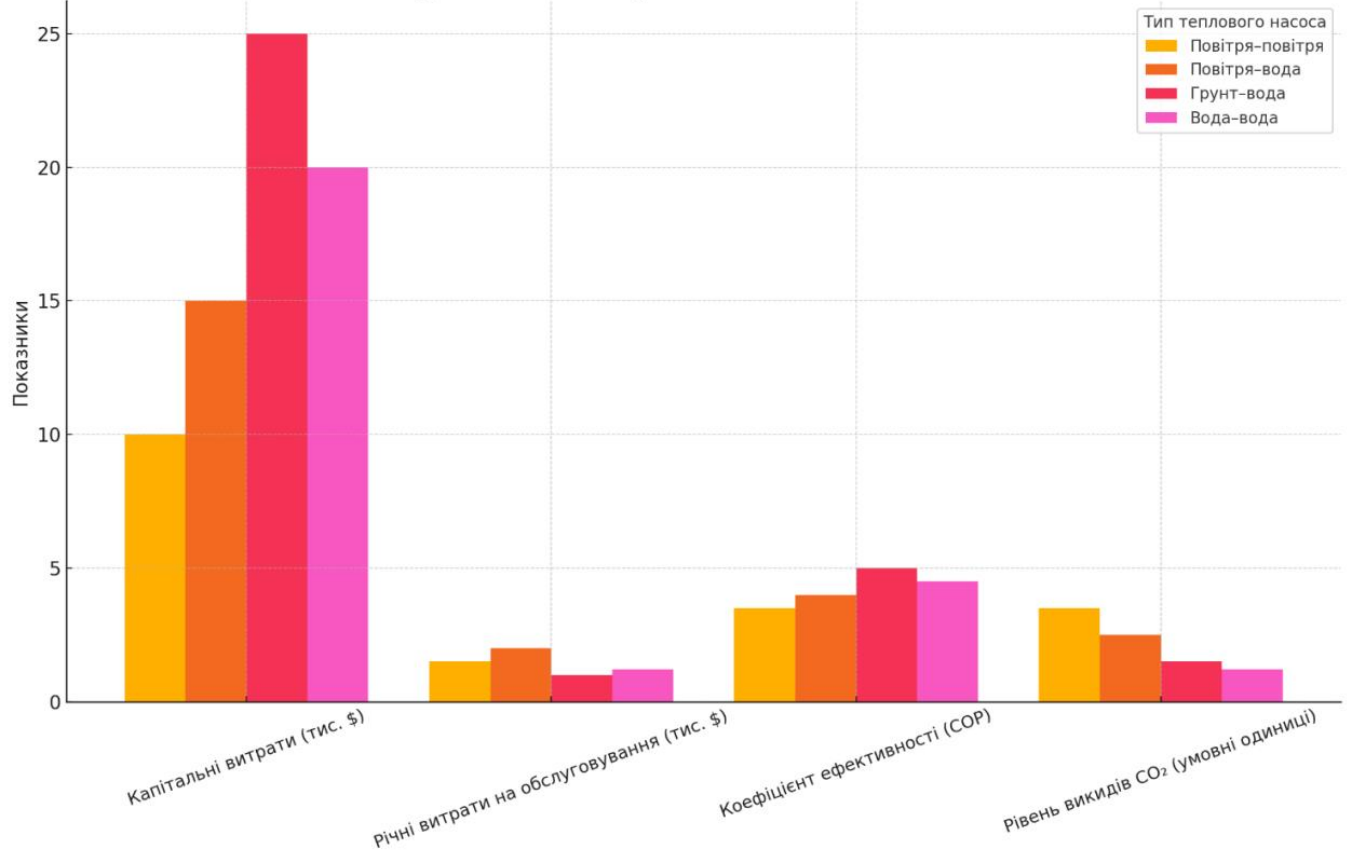
Таблиця 2.3.

### Оцінка сумісності ТН з наявними ресурсами об'єкту

	Повітря-повітря	Повітря-вода	Ґрунт-вода	Вода-вода
Вартість ТН	5760	7040	15000	16400
Наявність території для встановлення ТН	1	1	0	0
Сумісність з наявною системою вентиляції	0	1	1	1
Сумісність з наявною системою опалення	1	1	1	0,5
Сума	2	3	2	1,5

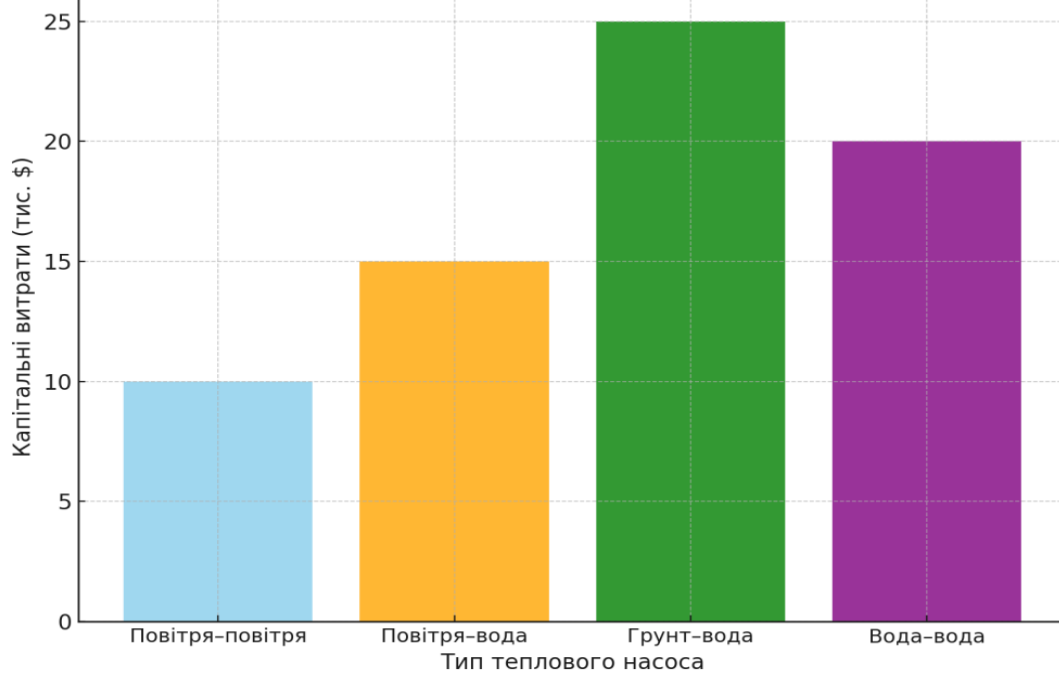
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Деталізоване порівняння теплових насосів



Капітальні витрати : Найнижчі у «повітря-повітря», найбільші у «грунт-вода»

Капітальні витрати на встановлення теплових насосів



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## Висновок

Теплові насоси є популярним рішенням для опалення та кондиціонування застосування за рахунок їх високої енергоефективності. Вибір найкращого варіанту залежить від кількох факторів, зокрема типу насоса, умов клімату та доступності енергоресурсів.

Проведений аналіз показав, що сучасне споживання тепла з відновлюваних джерел збільшить сучасне використання в теплопостачанні з 11,4% до 14%.

Гібридні системи опалення згідно проведеного аналізу показали себе, як перспективне рішення, що допоможе зменшити витрати на енергію та підвищити енергоефективність. Ці системи зазвичай поєднують традиційні джерела опалення, такі як газові або масляні котли, з відновлюваними джерелами опалення, такими як сонячні панелі або теплові насоси.

Використовуючи відновлювані джерела енергії, комбіновані системи опалення можуть допомогти зменшити вуглецевий слід опалення, а також забезпечити економію коштів.

Теплові насоси згідно проаналізованих даних є перспективною технологією для побудови комбінованих систем опалення будівель в Україні, особливо в м'яких зимових умовах.

Важливо враховувати специфіку клімату та потреби будівлі в опаленні, перш ніж вирішити, чи є тепловий насос правильним вибором. Крім того, важливо співпрацювати з кваліфікованим фахівцем, щоб забезпечити належне встановлення та обслуговування системи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.Визначення тепловтрат та теплонадходжень проектування системи

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кліматичні дані району будівництва у відповідності до ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія, [3] - наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Параметри зовнішнього повітря

Барометричний тиск, гПа	Період року	Параметри А		Параметри Б		Швидкість вітру, м/с	Середня температур. опалювальн. періоду, °С	Тривалість опалювальн. періоду, днів
		Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг	Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг			
990	Теплий	+23,7	+53,6	+32,0	+56,1	+1,0	-0,1	176
	Холодний	-10,0	-6,7	-22,0	-20,7	-4,2		

Ми враховуємо властивості зовнішнього повітря при обчисленні параметрів для інженерних систем та створення необхідного мікроклімату в будівлі. Параметр А використовується для вентиляційних систем у теплу пору року, а параметр Б - для систем опалення та вентиляції у холодний період.

Ми приймаємо параметри зовнішнього повітря, що розраховані для переходу між сезонами: - температуру 8 °С, - ентальпію 22,5 кДж/кг.

Щоб виконати всі вимоги згідно з нормативними документами та завданням, необхідно підтримувати параметри мікроклімату приміщень у будівлі, які наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Параметри внутрішнього повітря

№ п/п	Назва груп приміщень	Температура внутрішнього повітря в приміщенні $t_{в}$ , °С*		Примітки
		Холодний період	Теплий період	
1	Кухня-їдальня	+22,0	+24,0±2	
2	Житлові кімнати, вітальня, кабінет	+22,0	+24,0±2	
3	Санвузли	+25,0	не нормується	
4	Гардеробні	+20,0	не нормується	
5	Пральня	+18,0	не нормується	
6	Коридори, хол	+20,0	не нормується	

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок і вибір огорожувальних конструкцій для житлового будинку котеджного типу в Київській області був проведений за певних умов.

Теплотехнічні характеристики огорожуючих конструкцій беруть участь у процесах теплопередачі в теплий період року (теплонадходження).

Значення  $R_{qmin}$  для огорожуючих конструкцій покриття та віконних конструкцій відповідно до п. 6.2.1 ДБН В.2.6-31 [4] приймається близьким до 80% від показника опору теплопередачі.

Нормативні показники приведенного опору теплопередачі згідно [4] для району будівництва становлять: - для світлопрозорих огорожувальних конструкцій –  $0,75(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ; - для дверей –  $0,44 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ; - для зовнішніх стін –  $3,3(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ .

Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 (формула) розраховуємо приведенний опір теплопередачі зовнішніх стін:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \int_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \int_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де,  $\alpha_{\text{в}}$  і  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$R_i$  – тепловий опір і-того шару конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$R_i$  – тепловий опір і-того шару конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-того шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$n$  – кількість шарів огорожувальної конструкції;

$\delta_i$  – товщина і-того шару конструкції, м.

Величини розрахункових теплофізичних параметрів або матеріалів використовуються за додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [26]:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Зовнішні вікна (ЗВ) - нормативний опір теплопередачі для двокамерними склопакетами:

$$W_{eko} R_{q \min} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$R_{\Sigma} = 1,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q \min}.$$

Відповідно до проведених розрахунків, ми бачимо, що необхідна умова виконується.

Зовнішня стіна (ЗС) - нормативний опір теплопередачі

$$R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

кладка із суцільної гліняної звичайної цегли на цементно-піщаному розчині  $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$  з утеплювачем із пінополістирольних плит,  $\delta_{yt} = 0,25 \text{ м}$ ; опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = 3,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q \min}.$$

Комбіноване покриття - нормативний опір теплопередачі

$R_{q \min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ; та складається з декількох шарів:

1. Залізобетон –  $\delta_3 = 0,220 \text{ м}$ ;

$$\rho_3 = 2500 \text{ кг/м}^3;$$

$$\lambda_3 = 2,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

2. Утеплювач – пінополістирольні плити,

$$\rho = 135 \text{ кг/м}^3;$$

$$\lambda = 0,059 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

Розраховуємо товщину утеплювача:

$$\delta_{yt}^{norm} = \lambda_{yt} \left( R_{q, \min} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_{en}} \right);$$

Розраховуємо приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{en}} =$$
$$R_{\Sigma} = 6,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q \min}$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до проведених розрахунків, ми бачимо, що необхідна умова виконується.

Вхідні двері (ВД) - нормативний опір теплопередачі для дверей

$$R_{q \min} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

$$\rho_0 = 30 \text{ кг/м}^3;$$

$$\lambda = 0,045 \text{ Вт/м К}.$$

Розрахунок товщини утеплювача дверей виконується з урахуванням наявності трьох внутрішніх поверхонь, а саме: внутрішня поверхня зовнішньої двері та дві поверхні внутрішньої двері.

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{до}}^{\text{ндо}} &= \lambda_{\text{до}} \left( R_{q, \min} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_{\text{дв}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{дв}}} - \frac{\delta_{\text{дв}}}{\lambda_{\text{дв}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{дв}}} \right) = \\ &= 0,045 \left( 0,44 - \frac{1}{23} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,04}{0,35} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{8,7} \right) = -0,003 \text{ м} < 0. \end{aligned}$$

$$R_{\Sigma} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q \min}$$

Відповідно до проведених розрахунків, ми бачимо, що необхідна умова виконується.

Щоб визначити приведений опір теплопередачі для огорожувальних конструкцій, необхідно дотримуватися таких кроків:

Визначення мінімального допустимого опору: Згідно з ДБН В.2.6-31, потрібно знайти мінімальне значення допустимого опору теплопередачі ( $R_{q \min}$ ) для типу огорожувальної конструкції, яку ви розглядаєте (стіни, дахи, підлоги тощо). Це значення наведено в таблиці.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ Вт/(м.С)	$d$ м	$R$ м <sup>2</sup> .с/Вт	$K$ Вт/м <sup>2</sup> .С	
стіна	газоблок		0,15	0,25	2,734	0,366	с
	Пінопласт		0,055	0,05			
переkritтя	Мінвата		0,055	0,1	2,594	0,386	к
	Розчин цементно-піщ.		0,81	0,5			
двері					0,5	2,000	дв
вікно					0,5	2,000	о

Для зон підлоги на ґрунті		
1	$K = 0,48$	$R = 2,1$
2	$K = 0,233$	$R = 4,3$
3	$K = 0,116$	$R = 8,6$
4	$K = 0,07$	$R = 14,2$

При наявності горища, тепловтрати житлових кімнат беруться в залежності від інформації стосовно нижнього її переkritтя, при цьому враховуємо різницю температур  $\Delta t$  з коефіцієнтом, тобто помножити на 0,7.

Виконуємо аналогічно розрахунок для неопалювальних приміщень будівлі, підвала, прибудових неопалювальних приміщень.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## 4. Проектування системи опалення

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1. Потужність системи опалення житлового будинку

Розраховуємо потрібну потужність опалювальних приладів системи опалення [27]:

$$Q_{o.n}=(Q_{пр}-0,05Q_{тр})*10\%,$$

де,  $Q_{тр}$  – втрати теплоти трубопроводами системи опалення.

Розраховуємо втрати теплоти трубопроводами [28]:

$$Q_{тр}=q*L*(1 - n),$$

де  $q$  – тепловий потік для неізольованих труб;

$L$  – довжина трубопроводів;

$n$  – коефіцієнт, який враховує степеь ізоляції :

–  $n=0.95$  для труб, прокладених в товщі пола і закриті ізоляцією;

–  $n=0.9$  для стояків закріплених і заізольованих.

Зведені розрахунки наведені в Додатку 1.

#### 4.2. Характеристика системи опалення

В даному проектному рішенні для житлового будинку котеджного типу було прийнято запроєктувати різні типи системи опалення. В залежності від призначення приміщень будинку приймаємо тип системи опалення.

##### Радіаторне опалення

У системі радіаторного опалення теплоносій – вода з параметрами 75/55 °С. Система опалення двохтрубна горизонтальна тупикова з розведенням трубопроводів у конструкції підлоги.

Встановлено на кожному радіаторі термостат Герц-Дизайн Мини-«Н» і запірно-приєднувальний вузол «Герц-3000». Здійснюється випуск повітря із

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

системи через повітровідвідники типу кранів Маєвського, вони встановлюються на кожному приладі. Підключення радіаторів на відмітці +3.900 – нижнє зі стіни, а на на відмітці -3.100 – нижнє з підлоги.

Проектом передбачено в якості нагрівальних приладів – сталні профільні радіатори серії «Profil-V» фірми «Kermi» (Німеччина) з вбудованою вентиляною вставкою, яка відрегульовується в відповідності з тепловою потужністю.

Запроектовано сталні трубчасті секційні дизайн-радіатори «Charleston» фірми «Zender» (Німеччина) у приміщені спальні на відмітці +3.900. Бокове різностороннє з підлоги підключення опалювальних приладів. Встановлені на радіаторах термостатичні вентиля «TS-98-V» та запірні клапани RL-1 фірми «Herz».

Запроектовано у вітальні (прим.№2), їдальні (прим.№3) та житловій кімнаті (прим.№9) на відмітці ±0.000 підлогові вбудовані конвектори «Coil-kt» та «Coil-kt1» фірми «Minib» (Чехія) з примусовою конвекцією. Передбачено встановлення у спальні (прим.№9) на відмітці +3.900 підлогового конвектора «Coil-pt/4» з природньою конвекцією.

Використовуються підлогові конвектори «Coil-Mo» з примусовою конвекцією у приміщенні басейну. Конвектори обладнуються термостатичним вентилям «TS-98-V» та запірним клапаном RL-1 фірми «Herz».

Передбачається монтаж системи радіаторного опалення із полветиленових труб «Golar-Agua-Pex» (Ізраїль), з антифифузійним шаром. Вони прокладаються в ізоляційній трубі товщиною 9 мм у конструкції підлоги. Для видалення та зливу води із системи трупопроводи прокладаються з нахилом 0,002. Через автоматичні повітровідвідники відбувається випуск повітря з трубопроводів.

### **Підлогове опалення**

Виконано розрахунок системи пологового опалення для теплоносія з параметрами 50/40 °С. Запроектовано систему пологового опалення із поліетиленовх труб «Golan-Agua-Pex» (ізраїль), з антидифузійним шаром.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконати кріплення труб до ізоляції за допомогою шпильок. Виконати згідно креслень крок розкладки труби по контурах.

Через автоматичні повітровідвідники, які встановлені на розподільчих колекторах здійснюється випуск повітря з трубопроводів.

Прокласти профіль для роздільного шва у місцях, позначених на кресленнях «демпферний шов». Прокласти відстінну краєву стрічку по периметру приміщень.

### **4.3. Розрахунок і підбір обладнання**

Запроектована для житлового будинку твухтрубна горизонтальна тупикова система опалення. Передбачено в якості опалювальних приладів сталеві профільні радіатори Kermi FTV 11 з нижнім та боковим підключенням.

Радіатор Kermi має конструкцію з двох сталевих листів, всередині яких розташовані канали для циркуляції теплоносія. У традиційних моделях такого типу рідина рівномірно нагріває обидві панелі приладу одночасно. Однак у радіаторах Kermi Therm X2 використано інший підхід. Теплоносій спочатку нагріває передню панель, а потім задню. Це дозволяє значно швидше прогріватися передній частині батареї, збільшуючи інтенсивність теплового випромінювання. У той же час, оскільки теплоносій, що потрапляє на задню панель, вже частково охолоджений, вона нагрівається повільніше і з меншою інтенсивністю. Завдяки такому рішенню тепла енергія не втрачається, не йдучи в стіну будівлі.

Основні переваги цих пристроїв включають:

- Задні панелі виконують роль екранів, які зменшують втрати тепла та підвищують інтенсивність тепловіддачі передніх панелей.
- Довговічність приладів при правильних умовах експлуатації.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- Сумісність з усіма типами джерел теплової енергії, включаючи традиційні котли, теплові насоси, конденсаційні котли та сонячні колектори.
- Легкість усіх моделей сталевих радіаторів Kerмі.
- Низька інерційність, що дозволяє швидко регулювати температуру в приміщеннях.
- П-подібні виступи сприяють кращому конвективному поширенню тепла.
- Високий рівень безпеки для користувачів.
- Сучасний мінімалістичний дизайн, що підходить для будь-якого інтер'єру.
- Простота та зручність у встановленні завдяки системі кріпильних елементів.
- Ефективна робота при будь-якому режимі нагріву завдяки циркуляції обмеженої кількості нагрітого теплоносія.
- Можливість встановлення всіх видів реєструючих пристроїв.
- Технологія Therm-X2 зменшує час нагріву на 25%.
- Інтенсивність випромінювання в радіаторах Kerмі збільшується на 100%, при цьому спостерігається економія 11% енергії порівняно з традиційними радіаторами.

Паралельно з новими моделями, описаними вище, продовжують виробляти традиційні однопанельні сталеві радіатори, які відрізняються більш доступною ціною та меншою вагою. Обидві модифікації радіаторів Kerмі виготовляються з листів товщиною 1,25 мм і комплектуються гладкими бічними решітками, а також верхніми решітками з прорізами.

Зовнішні поверхні радіаторів покриваються порошковим методом після попередньої ґрунтовки. Спочатку панелі очищають від жиру і піддають фосфатуванню, після чого ґрунтуються катодним лакуванням методом катафорезного занурення (ETL), а потім фарбуються порошковим напиленням (EPS). Завдяки цьому процесу виходить глянцеове двошарове лакофарбове покриття, яке є екологічно безпечним і не виділяє шкідливих речовин.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип 11 — сталеві радіатори з однією панеллю і одним рядом конвективного оребрення, з бічними планками, верхньою декоративною решіткою та невеликою монтажною глибиною 61 мм.

Тип 12 — надпоскі сталеві радіатори з двома панелями і двома рядами конвективного оребрення, з бічними планками, верхньою декоративною решіткою та монтажною глибиною 64 мм, розроблені для приміщень з високими вимогами до чистоти.

Тип 22 — сталеві радіатори з двома панелями і двома рядами конвективного оребрення, з бічними планками, верхньою декоративною решіткою, послідовним підключенням панелей, технологією Therm X2 та монтажною глибиною 100 мм.

Profil-k (fko) — компактні профільні сталеві радіатори з бічним підключенням 4 × G 1/2" вр.

Profil-v (ftv) — вентиляльні профільні сталеві радіатори з нижнім підключенням типу 2 × G 3/4" нр і байпасним з'єднанням для однотрубною системи 3 × G 1/2" вр.

Сталеві панельні радіатори Кермі бувають з 1, 2 і 3 панелями, причому конструкція з трьома панелями є найбільш потужною. В залежності від кількості панелей, радіатори поділяються на типи, що мають номери від 10 до 33.

Тип 10 (61 мм) — однопанельний радіатор без конвективного оребрення.

Тип 11 (61 мм) — однопанельний радіатор з додатковим оребренням, верхньою декоративною решіткою та бічними планками.

Тип 12 (64 мм) — двопанельний радіатор з одним конвектором, оснащений декоративними решітками та бічними планками.

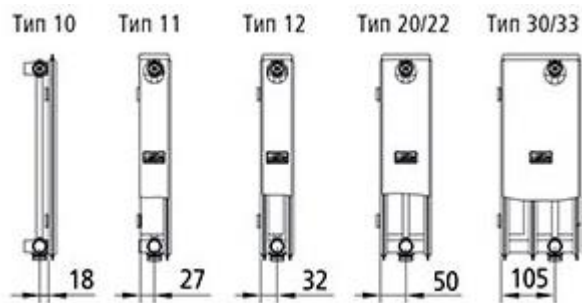
Тип 22 (100 мм) — двопанельний радіатор з двома конвекторами, також має декоративні решітки і бічні планки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Тип 33 (155 мм) — трьохпанельний радіатор з трьома рядами конвективного оребрення, панелі підключаються послідовно.

Нижнє підключення радіаторів до трубопроводної системи вважається найбільш естетичним, оскільки дозволяє приховати всі труби, що ведуть до опалювальних приладів, від сторонніх очей.

Обігрівачі Кермі FKV постачаються в повністю зібраному вигляді, готові до монтажу, що значно спрощує установку. Спочатку потрібно закріпити монтажні пластини на стіні, з урахуванням висоти установки та міжосьової відстані, а потім встановити на них радіатор. Підключення труб здійснюється знизу з правого боку. [29]



Тип	BL	X	Y (BL ≥ 1800)
10	400	165 <sup>1</sup> /100	
10	500 - 3000	165 <sup>1</sup> /140	BL/2
11	400 - 3000	85	(BL 2300: BL/2 -17)
12 - 33	400	100	
12 - 33	500 - 3000	140	

Розміри підключення

Тип	B	C
Profil-HK	89	BH - 153
Plan-/Line-HK	94	BH - 158

Сталеві радіатори Кермі FKO можна встановлювати як на стіну, так і на підлогу. В залежності від способу кріплення, виділяють два типи кріплення: 1. підлогове кріплення; 2. настінне кріплення.

Для цього будинку передбачено підключення радіаторів на відмітці -3.100 з нижнім підключенням з підлоги. На відмітках +0.000 і +3.900 передбачено нижнє підключення зі стіни.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



Рис.4.1. Сталевий радіатор Kermi FTV 22 з нижнім підключенням

Регулювання вентиляційної вставки радіаторів серії FTV відповідно до заданої потужності дозволяє знижувати витрати енергії на 6-11%.

Приєднувальне різьблення:

- профільні радіатори з бічним підключенням (лівим або правим) Kermi FKO – 4xG1/2" внутрішнє (міжосьова відстань = монтажна висота = 54 мм);
- профільні радіатори з вбудованою вентиляційною вставкою і підключенням з правого боку знизу Kermi FTV – 2xG3/4" зовнішнє (заводський варіант підключення — знизу праворуч).

Максимальний робочий тиск: 10 бар. Максимальна робоча температура: 110°.

У будинку в приміщеннях вітальня №2, їдальня №3, житлові кімнати №9 запроектовано встановлення підлогових вбудованих конвекторів COIL-KT та COIL-KT-1 фірми MINIB (Чехія) з вентилятором. У приміщенні спальня №9 передбачено встановлення підлогового конвектора COIL-PT з природною конвекцією. У басейні запроектовані підлогові конвектори COIL-MO з вентилятором.

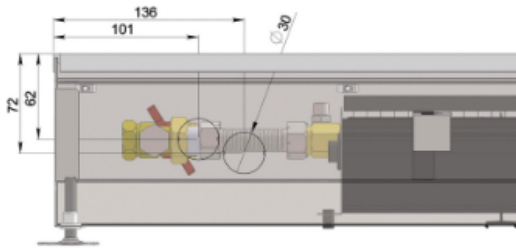
Конвектор компанії MINIB є найбільш універсальним для сухих приміщень. При включеному вентиляторі він забезпечує високу теплопродуктивність, однак навіть при вимкненому вентиляторі він здатний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

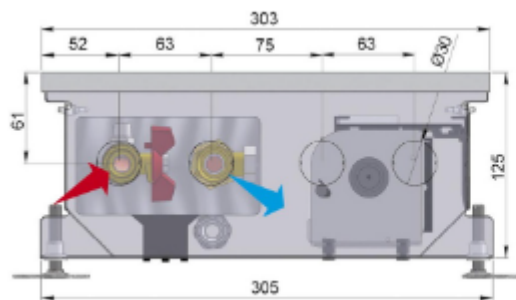
Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

ефективно підтримувати температуру в приміщенні. Завдяки своїй високій теплопродуктивності та можливості підтримувати температуру на холостому ходу, цей конвектор можна широко використовувати для опалення приміщень з різними вимогами до безпеки та інтенсивності опалення.



- Гнучкі під'єднувальні шланги з нержавіючої сталі (підключення 1/2").
- Короб із нержавіючої сталі.
- Регульовальні болти (регулювання конвектора за висотою до 4 см).
- Медно-алюмінієвий теплообмінник.
- Рамка короба конвектора (виготовлена одним кольором з ґратами).
- Рішотка: дерев'яна: дуб, бук, клен; алюмінієва: темна бронза, світла бронза, матовий алюміній;



- Загальна ширина: 303 мм
- Висота конструкції: 125 мм
- Довжина: 900 - 3000 мм



- найпопулярніший тип конвектора з вентилятором
- опалення сухих приміщень
- висока теплопродуктивність
- забезпечує опалення та при вимкненому вентиляторі

Внутрішньопідлогові конвектори COIL-KT з примусовою конвекцією мають високу потужність, що дозволяє швидко та ефективно обігрівати великі приміщення з панорамними вікнами в підлогу. Ці обігрівачі створюють надійний тепловий бар'єр для суцільного скління та ефективно виконують задачу обігріву приміщення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Підлогові вбудовані конвектори з вентилятором працюють від водяного теплоносія і мають вищу теплову потужність порівняно з аналогічними приладами без вентиляторів. Завдяки вбудованим вентиляторам, повітряні потоки швидше проходять через теплообмінник, що значно підвищує тепловіддачу приладу. Теплова потужність таких приладів може досягати 5460 Вт, що дозволяє ефективно обігрівати приміщення площею до 50-55 квадратних метрів. І це при стандартних розмірах пристрою, який можна легко встановити в будь-якому приміщенні.

#### Переваги:

Низька витрата енергії;

Висока опалювальна потужність завдяки примусовій конвекції;

Можливість обігріву навіть при вимкненому вентиляторі;

Безпечна напруга 12 В постійного струму;

Швидка реакція опалювального елемента;

Простота управління.

#### Габарити приладів:

Ширина: 303 мм;

Висота: 125 мм;

Довжина: 900 мм, 1000 мм, 1250 мм, 1500 мм, 1750 мм, 2000 мм, 2500 мм, 3000 мм.

Тепловіддача конвекторів з одним теплообмінником COIL-KT

COIL KT	900	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	Довжина (мм)
0. швидкість обертання;	140	163	222	280	339	397	514	631	теплової енергії (W)
1. швидкість обертання;	934	1090	1479	1868	2258	2647	3426	4204	теплової енергії (W)
2. швидкість обертання;	1029	1200	1629	2058	2486	2915	3772	4629	теплової енергії (W)
3. швидкість обертання;	1213	1416	1921	2427	2932	3438	4449	5460	теплової енергії (W)

Споживана потужність вентиляторів COIL-KT

COIL KT - DC MOTOR	900	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	Довжина (мм)
	7	9	12	17	18	21	29	35	потужність (VA)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Внутрішньопідлогові конвектори Minib Coil-P без вентилятора [30] — це сучасне обладнання від чеського виробника, яке ефективно вирішує завдання по опаленню приміщень. Вони підходять як для обігріву невеликих приміщень, так і в комбінації з додатковими обігрівачами для обігріву більших за площею кімнат.

Ці вбудовані підлогові конвектори є ідеальним рішенням для забезпечення тепла в сучасних просторах апартаментів, а також у басейнах, галереях, спортивних комплексах та інших будівлях, де важливо досягти оптимальної температури без порушення стилю інтер'єру та загального вигляду приміщення.

Головною перевагою внутрішньопідлогових конвекторів Minib є використання мінімальної кількості води та забезпечення максимально швидкого обігріву приміщення. Декоративна решітка може бути виконана з дерева або дюралюмінію, при цьому колір можна вибрати за палітрою RAL. Minib з природним обігрівом — це надійне водяне опалення, яке буде ефективно працювати протягом багатьох років.

#### Характеристики конвектора Minib без вентилятора:

Ширина (мм):	243, 303, 420
Висота (мм):	80, 105, 125, 180, 300
Довжина (мм):	900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000
Робочий тиск (бар):	10
Випробовуване тиск (бар):	16
Оптимальна темп. теплоносія (°C):	40 - 90
Максимальна темп. теплоносія (°C):	105
Матеріал коробка:	оцинкована сталь
Товщина матеріалу коробка:	0,9 мм
Варіанти кольорів коробка:	чорний всередині, сірий зовні
Варіанти виконання коробка:	стандарт або з дренажною системою

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал теплообмінника:	мідна труба і алюмінієві пластини
Діаметр підключення (дюйми):	2 x G 1/2 зовнішнє
Тип решітки:	поздовжня, поперечна
Матеріал решітки:	алюміній, дерево, нержавіюча сталь
Декоративна рамка:	стандартна (4,3мм) і декоративна (17,3мм)

Найменування	Ширина	Глибина	Довжина	Тепловіддача 70	Тепловіддача 90
Minib COIL-PT4.303.125.900.	303	125	900	307	501
Minib COIL-PT4.303.125.1000.	303	125	1000	358	584
Minib COIL-PT4.303.125.1250.	303	125	1250	486	792
Minib COIL-PT4.303.125.1500.	303	125	1500	614	1001
Minib COIL-PT4.303.125.1750.	303	125	1750	742	1210
Minib COIL-PT4.303.125.2000.	303	125	2000	870	1418
Minib COIL-PT4.303.125.2500.	303	125	2500	1126	1835
Minib COIL-PT4.303.125.3000.	303	125	3000	1382	2252

### Конвектори Minib Coil-PT4 [30]

Конвектори COIL-PT4 рекомендуються для автономного використання в приміщеннях, де конвектори COIL-PT не здатні забезпечити необхідну теплопродуктивність для виконання встановлених вимог до опалення. COIL-PT4 можна комбінувати з конвекторами типу COIL-КТ та COIL-МТ, які мають значно вищу теплопродуктивність, що дозволяє досягти необхідного рівня опалення в більш великих або холодніших приміщеннях.



- опалення сухих приміщень
- розміри конвектора PT/4 аналогічні розмірам конвектора PT, але він має більшу теплопродуктивність Q
- стандартно поставляється з термостатичною головкою

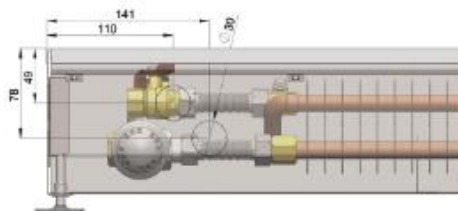
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

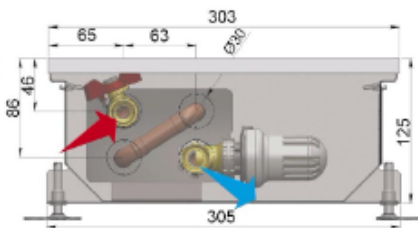
Арк.

		длина L (mm)		<b>900</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	553	501	480
	80	449	400	381
	70	353	307	289
	60	264	222	206
		длина L (mm)		<b>1000</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	645	584	560
	80	524	467	444
	70	411	358	338
	60	307	259	241
		длина L (mm)		<b>1250</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	876	792	760
	80	712	634	603
	70	558	486	458
	60	417	352	326

		длина L (mm)		<b>1500</b>
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	1 107	1 001	960
	80	899	800	762
	70	705	614	579
	60	527	444	412
		длина L (mm)		<b>1750</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	1 337	1 210	1 160
	80	1 086	967	921
	70	852	742	699
	60	637	537	498
		длина L (mm)		<b>2000</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	1 568	1 418	1 360
	80	1 273	1 134	1 079
	70	999	870	820
	60	747	629	584
		длина L (mm)		<b>2500</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	2 029	1 835	1 760
	80	1 648	1 467	1 397
	70	1 293	1 126	1 061
	60	966	814	756
		длина L (mm)		<b>3000</b>
		средня температура воздуха t <sub>ср</sub>		
		15	20	22
средняя температура воды t <sub>ср</sub>	90	2 490	2 252	2 160
	80	2 023	1 801	1 714
	70	1 587	1 382	1 302
	60	1 186	999	928



- Загальна ширина: 303 мм
- Висота конструкції: 125 мм
- Довжина: 900 - 3000 мм



- Гнучкі під'єднувальні шланги з нержавіючої сталі (підключення 1/2").
- Короб із нержавіючої сталі.
- Регульовальні болти (регулювання конвектора за висотою до 4 см).
- Медно-алюмінієвий теплообмінник.
- Рамка короба конвектора (виготовлена одним кольором з ґратами).
- Рішотка: дерев'яна: дуб, бук, клен; алюмінієва: темна бронза, світла бронза, матовий алюміній;

Визначаємо для системи радіаторного опалення необхідну потужність опалювальних приладів:

$$Q_{o.p.} = (Q_{пр} - 0,05 Q_{тр}) * 10\%$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

де  $Q_{\text{тр}}$  – втрати тепла трубопроводами.

Визначаємо втрати тепла трубопроводами:

$$Q_{\text{тр}} = q * L * (1 - n),$$

де,  $q$  – потік тепла для неізольованих труб;

$L$  – довжина трубопроводу;

$n$  – частка ізоляції: для стояків закріплених і заізольованих  $n=0.9$ , для труб, прокладених в товщі пола і закриті ізоляцією  $n=0.95$ .

Приклад розрахунку необхідної потужності опалювальних приладів  $Q_{\text{о.п}}$  для спальні на другому поверсі:

$$Q_{\text{тр101}} = (32 * 2 + 49 * 1) * (1 - 0,95) = 5,65 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{о.п}} = (2410 - 0,05 * 5,65) * 1,1 = 2860 \text{ Вт}$$

На сайті виробника представлено опалювальний прилад Zehnder Charleston 3030. Для даного будинку в приміщенні №2 (спальня) на відмітці +3.900 запроєктовано сталеві трубчасті секційні радіатори Zehnder Charleston 3030 (Німеччина) з боковим підключенням.

Zehnder Charleston 3030 має стильний низький трубчастий дизайн. Висота радіатора складає 30 см, що дозволяє йому бути ідеальним варіантом для встановлення під панорамними вікнами.

Існує можливість установки на ніжки або настінне кріплення. Доступні варіанти з боковим та нижнім підключенням.

Радіатор має глибину 10 см, що забезпечує хорошу тепловіддачу, незважаючи на його компактну висоту. За кількістю секцій можливі моделі від 6 до 30 (довжина радіатора варіюється від 30 до 138 см). Стандартний колір радіатора — білий, але за бажанням клієнта радіатор можна пофарбувати в будь-який колір за шкалою RAL.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## Підбір обладнання для системи підлогового опалення

Найбільш популярною та економічно вигідною технологією підігріву є облаштування теплої підлоги на базі системи центрального або автономного опалення. На відміну від електричних аналогів, такі альтернативні системи підігріву мають досить великі колекторні групи, які можуть дещо вплинути на естетичний вигляд інтер'єру. [31]

Оснащення теплої підлоги як альтернативної або додаткової системи опалення набуває великої популярності. Така система має значно вищу ефективність порівняно з класичними радіаторами, а варіативність регулювання температури дозволяє створювати оптимальний мікроклімат у житлових приміщеннях.

Створення комфортабельної та затишної атмосфери часто пов'язують з облаштуванням теплої підлоги. Вона нерідко використовується як альтернативна опалювальна система і в будь-якому випадку значно покращує енергоефективність приміщення.

Вихідні дані для розрахунку теплої підлоги:

- Кліматичні характеристики місця розташування будинку: середньорічні температури, рівень вологості, особливості опалювального сезону. Ці дані допомагають визначити теплові втрати приміщення та необхідну потужність системи.
- План приміщення: розміри, форма, кількість та призначення приміщень. Врахування площі та конфігурації допомагає правильно розподілити тепло і визначити потрібну потужність обігрівача.
- Перелік та товщина матеріалів, що використовуються в конструкціях, що захищають (стіни, перекриття тощо): матеріали, які використовуються для стін, перекриттів та інших елементів будівлі, визначають рівень теплопередачі та втрат тепла.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Тип скління у приміщенні, оскільки це основне джерело тепловтрат: кількість та тип вікон (однокамерні або двокамерні, з подвійним або трійним склопакетом) мають великий вплив на енергетичні втрати приміщення.
- Температура у приміщенні, яку плануємо забезпечити: бажана температура для комфортного перебування в приміщенні. Вона дозволяє визначити необхідну теплову потужність для підтримки оптимального мікроклімату.
- Тип підлогового покриття: різні покриття (плитка, лінолеум, паркет, ковролін тощо) мають різну теплопровідність, що впливає на ефективність теплої підлоги.
- Теплоізоляція підлог (матеріал та товщина), а також бетонної стяжки: ефективність теплої підлоги залежить від якісної теплоізоляції, яка допомагає зберігати тепло в приміщенні та знижує тепловтрати через підлогу.
- Стаціонарно розташовані меблі (газова плита, шафа-купе і т.п.): меблі, які займають значну площу, можуть впливати на розподіл тепла, тому важливо врахувати їх при розрахунках, щоб уникнути нерівномірного прогріву приміщення.

Орієнтуємось на максимально допустиму температуру залежно від призначення приміщення:

Назва зони (приміщення)	Максимальна температура поверхні підлоги, °C
Житлові приміщення	29
Зона підвищеного підігріву (50 см від зовнішньої стіни)	35
Зона з вологим режимом роботи (ванна кімната, басейн)	33
Покриття підлоги паркетом	27
Коридор	30
Робочі кімнати	21 – 27

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Розрахунок системи теплої підлоги включає врахування кількох ключових факторів для правильного вибору діаметра труб і визначення довжини кожної петлі (контурної труби). Основні параметри, що впливають на проектування:

1. Температура теплоносія та перепад температур:

- Температура подачі теплоносія в систему теплої підлоги становить від 40 до 50 градусів Цельсія.
- Перепад температур між подачею та обраткою (відстань між температурою на вході та виході) не повинен перевищувати 15 градусів Цельсія для забезпечення оптимальної роботи системи.

2. Малий перепад температур (< 5 град.):

Якщо перепад температур на виході і вході системи менший за 5 градусів Цельсія, це призводить до того, що для компенсації недостатнього теплового потоку необхідно збільшити витрату теплоносія. Однак це збільшує гідравлічний опір системи, що може призвести до значних витрат енергії і зниження ефективності.

3. Великий перепад температур (> 15 град.):

При перепаді температур більше 15 градусів Цельсія можуть виникати локальні гарячі або холодні ділянки на поверхні підлоги, що погіршує комфорт та ефективність роботи системи. Це може призвести до нерівномірного прогріву підлоги.

4. Розрахунок довжини труби в контурі:

Для забезпечення рівномірного розподілу тепла по поверхні підлоги важливо правильно підібрати довжину труби для кожної петлі. Рекомендовані максимальні довжини контурів для різних діаметрів труб:

- 16 мм: максимальна довжина труби в контурі — до 90 м.
- 17 мм: максимальна довжина труби в контурі — до 100 м.
- 20 мм: максимальна довжина труби в контурі — до 120 м.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Ці значення залежать від теплового навантаження, типу утеплення підлоги, розташування труб та гідравлічного опору системи.

#### 5. Розкид по довжині труб:

Розподіл довжини труби в кожній петлі може змінюватися залежно від наступних факторів:

- Теплове навантаження: кількість тепла, яке потрібно передавати в кожній зоні приміщення.
- Гідравлічний опір: цей показник залежить від діаметра труб, їх довжини та кількості контурів.

Для забезпечення рівномірного прогріву підлоги та уникнення зон з недостатнім нагрівом, важливо дотримуватися рекомендацій щодо максимальних довжин контурів і правильно розрахувати діаметр труб для конкретних умов.

Так, для ефективної роботи системи теплої підлоги важливо правильно обирати температуру теплоносія та контролювати перепад температур між подачею та обраткою, а також використовувати трубопроводи з відповідними діаметрами та довжиною контурів. Це дозволяє забезпечити рівномірний розподіл тепла по всій площі підлоги та максимальну енергоефективність.

Для того, щоб система теплої підлоги працювала ефективно, необхідно забезпечити:

- температурні межі 40-50 °С,
- перепад температур між подачею і обраткою не більше 15 °С,
- правильний вибір діаметра труб та довжини контурів, що дозволяє рівномірно розподіляти тепло по підлозі.

Розрахунок системи водяної теплої підлоги базується на кількох важливих аспектах, включаючи вибір кроку між трубами, довжину контурів і правильний розподіл тепла по площі приміщення. Правильний вибір кроку укладання труб дозволяє забезпечити рівномірне прогрівання підлоги та максимальну

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективність системи опалення. Ось основні принципи, що визначають крок укладання труб та інші параметри:

У невеликих приміщеннях обігрів може бути забезпечений одним контуром. Для великих приміщень можуть використовуватись два або більше контурів, щоб не перевищити максимально дозволена довжину труб. Важливо, щоб всі контури в приміщенні мали приблизно однакову довжину, з максимальною різницею до 10 м.

Крок укладання труб водяної теплої підлоги залежить від площі приміщення та його призначення. Зазвичай він варіюється в межах від 150 мм до 300 мм з дискретністю 50 мм.

- Маленькі приміщення: Один контур з кроком 150-200 мм.
- Великі приміщення: Використання двох або більше контурів з кроком 200-300 мм, з можливістю збільшення до 450 мм у центральних зонах.
- Крайові зони: Зменшення кроку до 100 мм для кращого прогріву.
- Санвузли: Стандартний крок — 150 мм.

Таке укладання труб забезпечить ефективне та рівномірне прогрівання підлоги, що підвищить комфорт в приміщенні та забезпечить високу енергоефективність системи.

Розрахунок труби для теплої водяної підлоги починається з вибору діаметра. Оптимальним діаметром для приміщень житлових, площа яких становить понад 50 кв. м є 16 мм.

Розрахунок теплої водяної підлоги свідчить про те, що труби в 20 мм приймають набагато більше теплоносія, що автоматично вимагає використання потужнішого джерела його прогріву. А зігнути таку трубу з кроком навіть 150 мм практично неможливо. Збільшення кроку знижує кількість тепла на одиницю площі.

Розрахунок довжини труби теплої водяної підлоги (загальної потреби)

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначається поділом опалювальної площі приміщення на крок труби. При площі 100 кв. м і кроці 0,15 м отримуємо потрібну довжину в 667 метрів.

Згідно з будівельними нормами [2] вибирається температурний режим підлоги. Поверхня підлоги житлового приміщення має нагріватися до 29 градусів. По краях кімнати підлога може нагріватися до 35 градусів, щоб компенсувати втрати тепла крізь холодні стіни і від протягу, що виходив крізь двері. У ванних кімнатах та зонах з високою вологістю оптимальна температура – 33 градуси.

Потрібно врахувати, якщо облаштування теплої підлоги здійснюється під низом паркетної дошки, то температура не повинна перевищувати 27 градусів.

Водяна тепла підлога – з'єднання труб, які підключаються до колектора. Він може бути виконаний з різним типом укладання труб. Як правило, вибір робиться на користь одного з двох варіантів:

- Змійка — це один із способів укладання труб для водяної теплої підлоги, який зазвичай застосовують у невеликих приміщеннях з низькими тепловими втратами. Такий метод передбачає розташування труби в вигляді витягнутої синусоїди, що йде вздовж стіни колектора. Простота монтажу: Вигідний варіант для приміщень з невеликою площею, оскільки потребує меншої кількості труб і простий в укладанні. Економія матеріалів: Витрата труб менша, порівняно з іншими способами укладання. Мінус такого укладання в тому, оскільки температура теплоносія в трубі поступово знижується, то температура на початку і в кінці труби може суттєво відрізнитися. Наприклад, якщо довжина труби становить 70 м, різниця в температурі може досягати 10 градусів.

- Равлик — це ще один спосіб укладання труб для водяної теплої підлоги, який забезпечує більш рівномірний прогрів приміщення. Така схема передбачає, що труба укладається спочатку вздовж стінок приміщення, а потім, через певні інтервали, згинається під кутом 90 градусів і «закручується» в

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спіраль, поступово рухаючись в центр кімнати або по всій її площі. Схема укладання «равлик» забезпечує кращий розподіл тепла в порівнянні з більш простими методами і є ідеальним вибором для середніх та великих приміщень з високими вимогами до ефективності опалення.

Крок труб, допустимий у спіралі, варіюється від 10 до 15. Довжина труб у контурі не перевищує 120 м.

Використовуємо формулу [32,33] для визначення точної довжини,  $L$ :

$$L = S/N * 1,1, \quad (4.1)$$

де,  $S$  – площа, що покривається контуром,  $m^2$ ;

$N$  – крок, м;

1,1 – коефіцієнт запасу на вигини.

Труба повинна розташовуватися цільним відрізком від виходу напірного колектора і до обратки. Температура теплоносія та його швидкість визначається виходячи із усереднених значень:

При пропускнутому діаметрі труб 16 см витрата води на годину може досягати від 27 до 30 л на годину. Для прогріву приміщення до температури від 25 до 37 градусів, потрібно, щоб система нагрівалася до 40-55 °С. Втрата тиску в корпусі 13-15 кПа допоможе зменшити температуру в контурі до 15 градусів.

На вибір диметра труб впливатиме їх розташування одне щодо одного. Воно не повинно перевищувати 50 см. Величина тепловіддачі на 1  $m^2$  дорівнює 50 Вт і досягається при кроці труб 30 см. Якщо при розрахунку величина тепловіддачі виходить більше, необхідно зменшувати крок труб.

Також розрахунок потужності водяної теплої підлоги починають з розташування вікон та дверей, не тільки лише з контурів.

Враховуються такі умови:

Для запобігання суттєвим тепловтратам крізь вікон, труби повинні обов'язково розташовуватися вздовж них.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







Приклад розрахунку:

- тепловтрати приміщення  $Q=2546$  Вт;
- температура внутрішня  $t=20^{\circ}\text{C}$ ;
- площа поверхні полу  $F=38$  м<sup>2</sup>;
- покриття: кераміка  $R_w=0,1$  м<sup>2</sup>К/Вт;
- труба  $\varnothing 18*2$ .

$$g=2546/38=67 \text{ Вт/м}^2 \text{ відповідно, } t_n/t_o=50/40^{\circ}\text{C}.$$

Для коврового покриття  $R_w=0,1$  м<sup>2</sup>К/Вт і для  $g=67$  Вт/м<sup>2</sup> знайдено відстань між трубами  $b=0,3$  м і  $t_f=26^{\circ}\text{C}$ .

Температура підлоги не перевищує допустимої температури  $29^{\circ}\text{C}$ .

Довжина контура:  $L_w=38/0,3=127$  м.

Поток води через контур:

$$m=1,1*2546/(4190*(55-45))=0,0668 \text{ кг/с}=240,48 \text{ кг/год}.$$

$$R=288,6 \text{ Па/м, } V=0,37 \text{ м/с}.$$

Розрахункові втрати тиску в гріючому контурі:  $p=127*288,6=36652$  Па.

Розрахунок, який був проведений показує, що максимальна довжина одного контура 120 м, а втрати тиску в контурі не більше 20 кПа. Тому в данному приміщенні проектуємо наступні два контури:

1 контур  $L_w=65$  м,  $p=18,8$  кПа;

2 контур  $L_w=62$  м,  $p=17,9$  кПа.

Приймаємо - необхідно поверхню полу  $38\text{м}^2$  заповнити гріючим контуром з кроком  $0,3\text{м}$ .

Розрахунок підлогового опалення

Розподільчий колектор №1 на 10 виходів

Масова витрата, кг/год - 790

Втрата тиску, Па - 8050

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опалюв. контур, №	Приміщення	Площа підлоги, м <sup>2</sup>	Крок труб, см	Довжина труб, м	Тепло-віддача, Вт	Регулюв. вентиля-	Труба
1,1	1	14,8	20	88	1080	2 1/2	Colan Aqua-Pex, 16x2.0
1,2	2	14,0	20	83	2640	1	
1,3		14,0	20	83		1	
1,4		10,8	20	73		1/2	
1,5	3	14,2	20	81	1910	1	
1,6		14,2	20	81		1	
1,7	4	10,2	20	60	950	1/2	
1,8	5	2,5	20	22	170	<1/4	
1,9	7	3,5	15	52	320	<1/4	
1,10	10	4,5	15	67	360	<1/4	
Σ		102,7		690	7430		

Розподільчий колектор №2 на 8 виходів

Масова витрата, кг/год - 530

Втрата тиску, Па - 7490

Опалюв. контур, №	Приміщення	Площа підлоги, м <sup>2</sup>	Крок труб, см	Довжина труб, м	Тепло-віддача, Вт	Регулюв. вентиля-	Труба
1,1	1	11,1	20	81	4460	1/2	Colan Aqua-Pex, 16x2.0
1,2	11	11,9	20	100		2 1/2	
1,3		7,7	20	68		<1/4	
1,4		9,2	20	85		1/2	
1,5		8,8	20	90		1/2	
1,6		9,1	20	97		1/2	
1,7	12	3,1	20	66	250	<1/4	
1,8	14+15	3,6	20	60	290	<1/4	
Σ		64,5		647	5000		

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата

Розподільчий колектор №3 на 4 виходи

Масова витрата, кг/год - 240

Втрата тиску, Па - 4280

Опалов. контур, №	Приміщення	Площа підлоги, м <sup>2</sup>	Крок труб, см	Довжина труб, м	Тепло-віддача, Вт	Регулюв. вентиля-	Труба
3,1	3	4,9	15	66	1110	<1/4	Colan Aqua-Pex, 16x2.0
3,2		7,3	15	79		1/2	
3,3	7	5,1	15	46	460	<1/4	
3,4	11	8,5	15	90	780	2 1/2	
Σ		25,8		281	2350		

Основна функція колекторної шафи — це розміщення апаратури підключення системи підігріву підлоги та забезпечення додаткового захисту колекторної групи. Класичні шафи для теплої підлоги складаються з міцного корпусу з пофарбованої сталі (звичайно білого кольору), стійкого до температурних та механічних впливів, а також системи кронштейнів і фронтальної панелі з дверцятами.[34]

Переваги використання колекторної шафи: • Зручний доступ до системи регулювання параметрів підігріву; • Додатковий захист вузлових з'єднань від зовнішніх впливів; • Забезпечення безпеки для мешканців будинку чи квартири; • Простота установки; • Естетичний вигляд.

Шафа KAN therm зовнішня SWN-OP призначена для установки розподільного колектора. Її білий колір надає естетичний вигляд, а накладна конструкція знімних дверцят забезпечує зручність експлуатації.

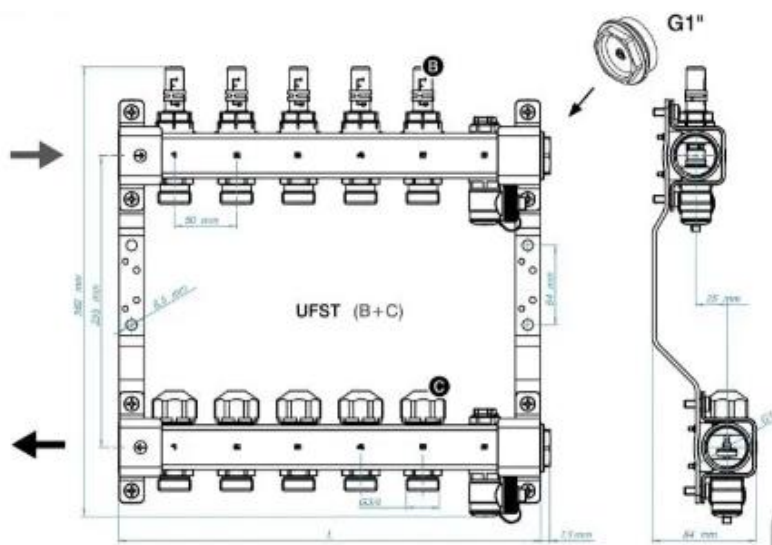
Класична шафа для теплої підлоги виконує кілька функцій. По-перше, вона надійно захищає колекторний блок від пошкоджень — дверцята оснащені поворотним замком. По-друге, така шафа приховує не найестетичніші вузлові

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота магістра					

з'єднання та різноманітні датчики і пристрої для регулювання параметрів підігріву.

Для цього будинку запроєктовано колектори для теплої підлоги KAN з витратомірами (серія 75A) на 4, 8 та 10 виходів. Опалення має чітко налаштовану систему регулювання, що включає вирівнювання потокового опору, яке здійснюється через окремий змійовик. Це необхідно для забезпечення рівномірного розподілу води по всій площі підлоги.

Процес регулювання відбувається через клапани для налаштування потоку та вимірювальні клапани на нижніх балках розподільників різних рівнів. Механізми підлогового опалення працюють при низьких температурах, не перевищуючи 55°C. Для запроєктованої системи теплоносій має параметри 50/40°C.



Тепла підлога, підключена до системи опалення, створюється шляхом прокладання додаткових труб, які в певному місці повинні виходити назовні. У більшості випадків колекторна група системи підлоги розміщується в відкритому місці з легким доступом, що є зручним для управління, але не завжди естетичним.

Для системи підлогового опалення запроєктовано використання трубопроводів з поліетиленових труб Golan Aqua-rex, які оснащені

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

антидифузійним шаром для запобігання проникненню кисню, що збільшує довговічність та ефективність системи.

Труба PE-Xa для водяної теплої підлоги Golan Aqua-rex є основним елементом системи опалення підлоги. Використання інноваційних технологій при виробництві труб Aqua-rex дозволяє створити надзвичайно міцну систему, яка за характеристиками не поступається звичайним сталевим трубам. Це досягається завдяки поперечним з'єднанням молекул поліетилену, що підвищує міцність матеріалу.

Труби з зшитого поліетилену Aqua-rex можуть використовуватися не тільки для систем холодного та гарячого водопостачання, але й для радіаторного та підлогового опалення. Вони працюють при температурі від +5 до +95 °C і можуть витримувати робочий тиск до 0,6 МПа (6 бар).

Технічні характеристики труб для теплої підлоги Golan Aqua-Pex<sup>^</sup>

- Діаметр труби 16 та 20 мм;
- Робоча максимальна температура 90°C;
- Робочий тиск 6 бар;
- Матеріал зшитий поліетилен PE-Xa.

Труби з зшитого поліетилену Golan Aqua-PEX виготовляються з використанням пероксидів та гідропероксидів (клас зшивки "А"). Вони оснащені антикисневим бар'єром EVOH, який запобігає руйнуванню труби внаслідок впливу кисню. Для монтажу труб використовуються прес-фітинги, насувні гільзи та спеціальний інструмент. Це забезпечує надійне з'єднання і довговічність системи.

Технічні характеристики Golan Aqua-PEX:

- Діаметр 16x2.0, 20x2.0;
- Клас зшивки "А";
- Граничний тиск 7 атмосфер;
- Гранична температура використання 95 градусів;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- Матеріал виготовлення РЕ-Ха;
- Антидифузійний шар EVOH;
- Вид поставки бухти (16 діаметр – 100, 240, 480 м, 20 діаметр – 240, 480м).

Продукція виготовляється на основі спеціального полімеру РЕХ, який здатний відновлювати свою початкову форму після значних механічних пошкоджень. Наявність етиленвінілгліколевого шару (EVOH) захищає металеві елементи трубої системи від передчасної корозії та продовжує її експлуатаційний термін. Труба із зшитого поліетилену з антидифузійним шаром EVOH є ідеальним варіантом для створення надійних опалювальних і водопровідних систем з тривалим терміном служби.

Не піддається корозійному зносу. Термін експлуатації без заміни комунікацій в межах 50 років. Власники трубних систем можуть надовго забути про ремонт опалення / водопроводу.

**Технічна характеристика:**

- Максимальний робочий тиск (для води): до 8 атмосфер при температурі до 90°C; до 10 атмосфер при температурі до 80°C; до 11 атмосфер при температурі до 70°C.
- • Максимальна температура: до 95°C.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

*Арк.*

## 5. Проектування системи вентиляція та кондиціонування повітря

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

*Арк.*

## 5.1. Основний розрахунок повітрообміну

Для приміщень цього будинку можна виокремити такі основні шкідливі виділення:

- тепло, яке надходить від електричного обладнання, людей, через огорожувальні конструкції будівлі та освітлення, а також від страв;
- волога, що надходить від людей, басейну та страв;
- дим від паління середньої інтенсивності;
- неприємні запахи.

Основні шкідливі фактори включають:

- теплоту, що надходить від людей,
- теплоту, що виділяється від електричного освітлення,
- теплоту, що проникає через огорожувальні конструкції будівлі, а також надлишок вологи, що виникає від людей.

При цьому припливну вентиляцію проектують в обсязі, який не менший за санітарні норми надходження свіжого зовнішнього повітря для однієї людини під час легкої фізичної активності. Також передбачають необхідний обсяг для користування басейном і в умовах відсутності природного провітрювання, оскільки при роботі системи кондиціонування повітря не можна відкривати металопластикові вікна. У розрахунках враховані умови максимального завантаження приміщень людьми, а також проведені перевірки на асиміляцію надлишкової вологи та потребу в вентиляції при палінні. [35]

Для кухні та побутових приміщень враховуються наступні основні шкідливі фактори:

- теплоту, що надходить від кухонного обладнання,
- теплоту, що виділяється від людей,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- теплоту, що генерується електричним освітленням,
- теплоту, що проникає через огорожувальні конструкції,
- надлишок вологи, що виникає від людей та кухонного обладнання,
- неприємні запахи від різних джерел.

Для компенсації витяжного повітря припливне повітря до кухні та інших побутових приміщень, таких як сауна, туалети, ванна кімната, надходить шляхом перетікання з суміжних приміщень через відкриті двері та аераційні решітки.

На кухні над гарячими поверхнями встановлюється витяжний зонт, оснащений спеціальними фільтрами для очищення забрудненого повітря.

Витяжна вентиляція для місцевого відсмоктувача на кухні спроектована з механічним спонуканням тяги та оснащена індивідуальним витяжним вентилятором, який можна легко демонтувати і очищати від жиру.

Для спальних приміщень запроектовано припливно-витяжну вентиляцію відповідно до нормованих обсягів повітря для людей у житлових приміщеннях, з урахуванням металопластикових вікон та системи кондиціонування. Система вентиляції є механічною припливно-витяжною.

Для туалетів та ванних кімнат передбачена витяжна вентиляція з розрахунку нормованих кратностей обміну повітря згідно з вимогами ДБН. Для зимового та літнього періоду використовується механічне спонукання від каналних вентиляторів.

Для сауни після її використання передбачається витяжка з технологічним вентилятором, який працює через окремий канал і має механічне спонукання тяги для забезпечення протягу свіжого повітря.

Видалення повітря витяжними системами передбачено вище покрівлі будинку. Одним з найважливіших етапів проектування є розрахунок необхідного обсягу повітря для приміщень. [36]

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення нормальної життєдіяльності потрібно забезпечити мінімально необхідну кількість свіжого повітря. Ці норми визначені медичними стандартами як санітарна норма повітря на одну людину. Відповідно до будівельних норм і правил, регламентуються значення санітарних норм повітря. Для житлових будівель котеджного типу санітарна норма повітря становить 60 м<sup>3</sup>/год на одну людину.

Розраховуємо повітрообмін за санітарними нормами:

$$L_{in_{cn}} = L_{cn} \times n;$$

де,  $n$  - кількість людей.

Для приміщення розташованому у підвалі кількість припливного повітря:

$$L_{in_{cn}}^5 = 60 \times 2 = 120 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Будуємо процес охолодження на I-d діаграмі за залежністю. Потім визначаємо кількість холоду, яку необхідно затратити, щоб охолодити повітря від температури 28,7 °C до температури 22 °C за залежністю:

$$Q_{вент} = \frac{L_{in} \times \rho \times \Delta T}{3,6}.$$

Розраховуємо інші приміщення аналогічно, дані розрахунку зведено у Додаток.

Враховуємо питому характеристику для визначення повітрообміну у приміщеннях, яка називається кратністю.

Кратність повітрообміну:

$$K_{pm} = \frac{L_{in}}{V};$$

де,  $L_{in}$  - кількість повітря, м<sup>3</sup>/год;

$V$  - об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

При врахуванні повітрообміну приміщення за нормативною кратністю кількість повітря для подачі або виділення повітря [37]:

$$L_{in,sp} = K_{p_{in}} \times V;$$

Кратність  $K_p$  нормована приведена в залежності від призначення приміщення наведено у ДБН.

За нормованою кратністю повітрообміну, система припливної та витяжної вентиляції повинна забезпечувати необхідну кількість повітря для окремих приміщень. Якщо нормативні значення кратності повітрообміну для подачі і видалення повітря для різних приміщень не збігаються, то для забезпечення балансу повітря, його подачу можна здійснити через коридор або суміжні приміщення. Це дозволяє вирівняти потоки повітря між різними частинами будівлі та забезпечити належний рівень вентиляції у всіх приміщеннях.

Дисбаланс між сумарним значенням подачі та видалення повітря необхідно коригувати, тобто при надлишковому видаленні повітря його слід подавати, а при надлишковій подачі — видаляти через загальний коридор. Це забезпечить правильний повітряний баланс в будівлі, запобігаючи негативному впливу надлишкової або недостатньої вентиляції в окремих приміщеннях. Дані розрахунку зведено у Додатку.

При розрахунку обміну повітря для приміщень, таких як гараж, велика увага повинна бути приділена обсягу виділення забруднюючих речовин. Для цього необхідно враховувати кількість і тип забруднень, що утворюються в результаті діяльності в приміщенні (наприклад, викиди від автомобільних двигунів, пари, пил і т.д.). Таким чином, при проектуванні вентиляції для гаража основною задачею є забезпечення такого повітрообміну, який дозволяє підтримувати концентрацію забруднюючих речовин в межах нормативів, зокрема, для викидів від автомобільних двигунів.

Для видаленого:  $L_v = m_{po} / (q_1 - q_{in})$ , м<sup>3</sup>/год,

Для припливного повітря:  $L_{п} = 0,8 \times L_v$ , м<sup>3</sup>/год,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

де,  $m_{po}$  – витрата шкідливих, які потрапляють в повітря приміщення, мг/год,

$q_1$  - концентрація шкідливих речовин в повітрі, яке видаляється з приміщення, з робочої зони приміщення та за її межами, мг/м<sup>3</sup>;

$q_{in}$  - концентрація шкідливих речовин в повітрі, яке подається в приміщення, мг/м<sup>3</sup>.

Приклад розрахунку

Вихідні дані: час розігріву автомобілів 4 хв.

Розраховуємо:

- для автомобіля з карбюраторним двигуном кількість забруднюючих речовин, які можуть надходити в приміщення за формулою:

$$15 \times (0,6 + 0,8 \times B) \times (P_j / 100) \times (T / 60),$$

де,  $B$ - об'єм двигуна, л;  $P_j$ - ваговий вміст  $G_j$ , %;  $T$ - час розігріву двигуна, хв.

Визначаємо кількість забруднюючих речовин при розігріві

$$G_{CO} = 15 \times (0,6 + 0,8 \times 1,595) \times (6/4/100) \times (4/60) = 0,1126 \text{ кг/год} = 0,0313 \text{ г/сек.}$$

Розраховуємо кількість забруднюючих речовин при маневруванні, враховуючи час на це, приблизно 0,5 хв., отже:

$$G_{CO} = 0,0029 \text{ г/сек.}$$

Розраховуємо загальну кількість:

$$G_{CO} = 0,0342 \text{ г/сек} = 123120 \text{ мг/год.}$$

Наступний крок визначення витрати шкідливих чи вибухонебезпечних речовин, які потрапляють в приміщення:

$$m_{po} = 123120 \times 4 \times 0,5 = 246240 \text{ мг/год,}$$

де 4- кількість автомобілів.

$$L_B = 246240 / (200 - 60) = 1760 \text{ м}^3/\text{год};$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{п}}=0,8 \times 1760=1407 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При розрахунку по кратності повітрообміну враховуємо призначення кожної окремої кімнати і нормативи по кратності повітрообміну для кожної з них згідно діючих нормативних документів України.

Кількість повітря, яке повинно бути оновлено протягом години визначаємо за формулою:

$$L = N * V,$$

де: N - кратність повітрообміну за годину,

V - об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

Для розрахунку теплового балансу приміщень будинку слід враховувати стан теплової рівноваги огороджуваних конструкцій, а також обладнання, яке характеризується стабільністю та незмінністю їх температури. У рівнянні теплового балансу враховується надходження теплоти від людей. Ця теплота має дві складові: явну променисто-конвективну теплоту ( $Q_{\text{л}}$ ) та приховану теплоту пароутворення ( $Q_{\text{пр.л.}}$ ). Кількість теплоти, що виділяється організмом людини, залежить від рівня фізичного навантаження, теплових властивостей одягу та температурного режиму приміщення, і може бути позначена як загальна кількість теплоти ( $Q_{\text{л hf}}$ ).

Рівняння теплового балансу приміщення:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n Q_{\text{над}i} - \sum_{j=1}^m Q_{\text{втр}j}$$

Рівняння формується для "сухих приміщень" на основі явної теплоти, коли немає витоку прихованої теплоти пароутворення. Для "вологих приміщень", у яких відзначається надходження водяної пари, використовується повна теплота.

Визначаємо повну кількість теплоти від людей:

$$Q_{\text{л hf}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{hfi}} \times n_i ;$$

де,  $q_{\text{hfi}}$  – питома виділення повної теплоти однією людиною, Вт/люд;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

$n_i$ - число людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

Кількість теплоти яка надходить від освітлення:

$$Q_{осв} = F \times N_{пит} \times \eta_{осв} \quad ;$$

де,  $F$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$N_{пит}$ - питома потужність освітлювальних ламп, Вт/м<sup>2</sup> ;

$\eta_{осв}$  – коефіцієнт, який враховує надходження теплоти у робочу зону приміщення від світильників різного типу. Приймаємо наступні значення для люмінесцентних світильників – 0,55, для розжарювання – 0,85.

У теплий період року основними джерелами тепла є освітлення та сонячна радіація. Тому при складанні рівняння теплового балансу необхідно враховувати такі складові: 1. Надходження тепла від освітлення - це теплота, що генерується лампами та іншими джерелами штучного світла. 2. Надходження тепла від сонячної радіації - це тепло, яке проникає в приміщення через вікна та інші огороження. 3. Тепло, що виділяється людьми - включає явну і приховану теплоту. 4. Теплота від обладнання - якщо в приміщенні працюють побутові або промислові прилади, які також виділяють тепло. 5. Витрати тепла через вентиляцію та інфільтрацію - якщо є надходження повітря ззовні. Всі ці складові повинні бути враховані для точного розрахунку теплового балансу і забезпечення комфортного клімату в приміщенні в теплі місяці.

Визначаємо розрахунок значення теплонадходження у приміщення через світлові прорізи та дахові покриття, суміщені з перекриттям, за рахунок сонячної радіації:

$$Q_{ср} = F_{пр} \times q_{ср}^{пр} + F_{пер} \times q_{ср}^{пер} \quad ;$$

де,  $F_{пр}$  та  $F_{пер}$  – сума площ, м<sup>2</sup>, відповідно, світлових прорізів та перекриття, суміщеного з покриттям;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

$q^{пр}_{с.р.}$  та  $q^{пер}_{с.р.}$  - питомі теплонадходження, Вт/м<sup>2</sup>, за рахунок сонячної радіації через світлові прорізи та покриття, суміщене з перекриттям.

Величини теплонадходження  $q_{пр.р.}$  (теплота від прямих сонячних променів) та  $q_{пер.р.}$  (теплота від освітлення) визначаються з урахуванням орієнтації вікон і дверей щодо сторін світу, типу та характеристик застакнення, а також географічної широти розташування об'єкта. Ці фактори впливають на кількість сонячного випромінювання та освітлення, що проникає в приміщення, що, в свою чергу, є важливими для коректного розрахунку теплового балансу.

Визначення теплонадходження у приміщення через огорожуючі конструкції враховуючи величину сонячної радіації:

$$Q_{с.р.} = k \times (t_3 - t_{вн}) \times n \times A, \text{Вт};$$

де,  $k$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup> °С;

$t_3$  - температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{вн}$  - температура внутрішнього повітря, °С;

$n$  - коефіцієнт, що враховує орієнтацію огорожуючих конструкцій відносно сторін світу;

$A$  - площа огорожуючої конструкції.

Приклад для житлової кімнати

Розраховуємо теплонадходження від людей:

$$Q_{лhf} = \sum_{\Sigma i=1}^n q_{hf} \times n_1 = 3 \times 120 \times = 360 \text{Вт},$$

де,  $q_{hf} = 120$  Вт (в стані спокою при  $t=20$  °С);  $n=3$  чол.

Розраховуємо теплонадходження від штучного освітлення:

$$Q_{осв} = F \times N_{num} \times \eta_{осв} = 26,5 \times 25 \times 0,85 = 562 \text{Вт},$$

де,  $F=26,5$  м<sup>2</sup>;  $N_{num}= 25$  Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta_{осв}=0,85$ .

Надходження теплоти від інших джерел теплоти:

$$\Sigma Q_{осв} = 562 + 100 = 662 \text{Вт}.$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо теплонадходження від сонячної радіації через світлові прорізи та дахові покриття, суміщені з перекриттям:

$$Q_{c.p.} = F_{np} \times q_{c.p.}^{np} + F_{nep} \times q_{c.p.}^{nep} = 16 \times 157 = 2512 \text{ Вт},$$

де,  $q_{c.p.}^{np} = 157 \text{ Вт/м}^2$ .

Розраховуємо теплонадходження через огорожуючі конструкції за рахунок сонячної радіації:

$$Q_{c.p.} = k \times (t_z - t_{вн}) \times n \times A = 0,45 \times (32 - 26) \times 63 \times 1 = 170 \text{ Вт}.$$

Загальну кількість теплоти, яку потрібно асимілювати в світлу частину доби влітку розраховуємо:

$$\Sigma Q = Q_{лh} + Q_{cp} = 360 + 2512 + 170 = 3042 \text{ Вт}.$$

Розраховуємо кількість загальної теплоти, що надходить до житлової кімнати і де асимілювання влітку в темну частину доби:

$$\Sigma Q = Q_{лh} + \Sigma Q_{ocb} = 360 + 663 = 1023 \text{ Вт}.$$

Отже, можна зробити висновок, що в світлу частину доби теплонадходження є вищими, ніж у темну частину. Розрахункова величина теплонадходження складає  $\Sigma Q = 2822 \text{ Вт}$ . Аналогічні розрахунки необхідно провести для всіх приміщень будинку (котеджу) для отримання загального теплового балансу.

При виборі обладнання для системи вентиляції та кондиціонування повітря надзвичайно важливо правильно розрахувати теплонадходження приміщення, оскільки це впливає не лише на його мікроклімат. Урахування теплонадходжень під час розрахунку системи опалення дозволить зекономити на витратах на енергоносії. Навпаки, недооцінка теплонадходжень при проектуванні системи вентиляції, а особливо кондиціонування, може спричинити підвищений знос обладнання і зменшити його експлуатаційний ресурс.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В першу чергу враховують сонячну радіацію, що проходить через віконні прорізи. Цей фактор суттєво впливає на загальне теплонадходження в приміщення, оскільки сонячні промені можуть значно підвищувати температуру і впливати на комфортний мікроклімат.

Кількість теплової енергії, що надходить через вікно, залежить від його орієнтації щодо сторін світу, площі вікна, а також наявності або відсутності сонцезахисних елементів. Ці фактори визначають, скільки сонячної радіації проникає у приміщення, що, в свою чергу, має значний вплив на загальний тепловий баланс:

$$Q_{\text{вікн}} = q_{\text{вікн}} F_{\text{вікн}} k,$$

де,  $q_{\text{вікн}}$  - питома тепла потужність від сонячної радіації в залежності від орієнтації вікна Вт/м<sup>2</sup>.

$F_{\text{вікн}}$  - площа заклоєної частини вікна, м<sup>2</sup>;

$k$  - коефіцієнт, що враховує наявність сонцезахисних елементів на вікні.

Визначаємо Теплонадходження від нагрітого зовнішнього захищення:

$$Q_{\text{зс}} = q_{\text{зс}} F_{\text{зс}},$$

де,  $q_{\text{зс}}$  - питома тепла потужність теплопередачі зовнішнього захищення, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{\text{зс}}$  - площа зовнішнього захищення, м<sup>2</sup>.

Для постійно відкритих зовнішніх дверей теплонадходження приймається в розмірі 300 Вт.

Окрім цього, необхідно враховувати тепловиділення від внутрішніх джерел у приміщенні, таких як люди, обладнання та освітлення, яке також вплине на загальний тепловий баланс. Це дозволить точніше оцінити сумарне теплонадходження та забезпечити оптимальні умови мікроклімату. Для комп'ютера тепловиділення приймають 300 Вт.

Тепловиділення від людей:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} n,$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

де,  $n$  - кількість людей у відповідному стані,

$q_{л}$  - тепловиділення однієї людини, Вт/люд,

Тепловиділення від електрообладнання:

$$Q_e = N_e m i,$$

де,  $m$  - кількість одиниць обладнання,

$N_e$ - електрична потужність одиниці обладнання, Вт;

$i$  - коефіцієнт перетворення електричної енергії в теплову.

Розраховуємо сумарні теплонадходження за [38]:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{окн} + \Sigma Q_{ЗС} + \Sigma Q_{л} + \Sigma Q_{э}.$$

## 5.2. Розробка та підбір системи «чілер-фанкойл»

Для даної будівлі запроєктовано припливно-витяжну вентиляцію загального обміну повітря, яка відповідає наступним вимогам: .[39]

- Забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях.

- Відповідність нормовній кратності повітрообміну.

Виконані розрахунки включають:

- Надходження забруднюючих речовин.

- Надходження тепла.

- Надходження вологи від людей.

- Надходження тепла від обладнання.

- Надходження тепла від устаткування.

- Надходження тепла від електроосвітлення.

- Надходження тепла через огорожуючі конструкції.

Для побутових приміщень розрахунок проводить з використанням кратності повітрообміну, що відповідає чинним нормативним документам України.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

У житловій кімнаті (№9) на відмітці  $\pm 0.000$  та спальних кімнатах («2, 8, 9») на відмітці  $+3.9000$  запроектовано комбіновану систему опалення та кондиціонування повітря «чілер-фанкойл» на основі каналних фанкойлів «FWM» фірми «Daikin» (Японія). [40]

У холодний період року теплоносій — це вода з параметрами  $75-55$  °С, в теплий період року — вода з параметрами  $17/12$  °С.

Система є горизонтальною двохтрубною з тупиковим рухом теплоносія.

На фанкойлах заплановано встановлення запірних вентилів «Штремакс-А» та балансувальних вентилів «Штремакс-GM» фірми «Herz» у подаючому та зворотному трубопроводах відповідно.

Тепло- та холодопостачання фанкойлів здійснюється за допомогою поліетиленових труб «Golan-Agua-Pex» (Ізраїль) з антидифузійним шаром, прокладених в ізоляційній трубі товщиною 9 мм.

Трубопроводи укладаються з нахилом 0,002 для забезпечення видалення та зливу води з системи. Монтаж трубопроводів передбачається виконати під перекриттям в просторі підшивної стелі. Монтаж систем опалення необхідно здійснювати відповідно до чинних нормативних документів та рекомендацій виробників.

Після завершення пуско-налагоджувальних робіт повинні бути підготовлені інструкції щодо експлуатації системи, профілактичного ремонту, гарантійного обслуговування, акти прихованих робіт та акти випробування системи під тиском.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Канальний фанкойл Daikin FWM06

Тип та марка фанкойла - FWM06;

Потужність фанкойла на охолодження -  $Q_x = 6360$  Вт;

Потужність фанкойла на обігрів -  $Q_T = 2000$  Вт;

Налаштування балансувального вентиля при охолодженні /при обігріві –  $n_x = 2,9$ ;  $n_T = 1,0$ .

Тип та марка фанкойла - FWM04;

Потужність фанкойла на охолодження -  $Q_x = 5760$  Вт;

Потужність фанкойла на обігрів -  $Q_T = 2000$  Вт;

Налаштування балансувального вентиля при охолодженні /при обігріві –  $n_x = 2,9$ ;  $n_T = 0,6$ .

Трубопроводи опалення виконуються з поліетиленових труб «Golan-Agua-Rex». Труби вказано за зовнішнім діаметром.

Трубопроводи ізолюються теплоізоляцією товщиною 9 мм та прокладаються з нахилом 0,002 для зливу води із системи.

Універсальний фанкойл Daikin FWM06 каналного типу має двох трубну систему підключення, низький статичний тиск. Завдяки спеціальній технології виробництва рівень шуму фанкойлу найнижчий серед усіх аналогічних моделей інших виробників.

Характеристика бренд : Daikin [40]

Площа приміщення, м<sup>2</sup> : 41 – 55

Холод, кВт : 3,50 (0,74-4,73)

Тепло, кВт : 5,9

Напруга, В : 220

Виробництво повітря, м<sup>3</sup>/год : 470/610/800

Розміри, мм : 1004x535x224

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

			2-ТРУБНИЙ		
Внутрішні блоки			FWM06DT	FWM08DT	FWM10DT
Холодопродуктивність	Повна	Вис. кВт	4.77	6.71	8.02
	Явна продуктивність	Вис. кВт	3.65	4.91	5.96
Теплопродуктивність	2-трубн.	Вис. кВт	6.36	7.83	10.03
	4-трубн.	Вис. кВт			
Споживана потужність	Вис.	Вт	98	137	175
Струм	Вис.	А	0.44 0.43	0.60	0.76
Розміри	Блок ВхШхГ	мм	535x1.004x224	535x1.214x249	
Вага	Блок	кг	23	32	
Теплообмінник	Об'єм води	л	1.4	2.1	
	Охолодження	л/год	820	1.154	1.343
Витрата води	Нагрів	л/год	820	1.154	1.343
	Охолодження	кПа	14	12	19
Втрата тиску води	Нагрів	кПа	10	9	16
	Тип	Відцентровий многолопастний. двостороннього всмоктування			
Вентилятор	Витрата повітря Вис.	м3/год	785	1.011	1.393
Рівень звукової потужності	Вис.	дБА	56	58	64
Під'єднання труб	Дренаж НД	мм	17		
Приєднання водопроводу	Станд. теплообмінник	дюйм	1/2 3/4		
Електроживлення	Фаза / Частота / Напруга	Гц / В	1~/50/230		

Клапан балансувальний Ду 15 STROMAX-4217 GM-BS з вимірювальними клапанами Herz

Балансувальний клапан STROMAX -GM призначений для регулювання та вимірювання витрати. Він має прямий шпindel, що забезпечує лінійну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

характеристику, і оснащений вимірювальними клапанами.

Клапан виготовлений з DZR-латуні без покриття, має муфту х муфту, а шпindel не піднімається. Ущільнення шпинделя забезпечується подвійними кільцями ущільнювачів O-Ring.

Попереднє налаштування виконується шляхом обмеження ходу шпинделя, причому показання преднастройки можна зчитувати в спеціальному віконці маховика.

Два вимірювальних клапана встановлені поряд з маховиком, що спрощує процес вимірювання та регулювання.

### 5.3 Аеродинамічний розрахунок

При розробці аксонометричної схеми системи вентиляції важливо дотримуватись наступних етапів: 1. Розбиття на розрахункові ділянки: Визначення основної магістралі та відгалуджень. Розділяємо систему на розрахункові ділянки для більш детального аналізу. 2. Нумерація ділянок: Нумеруємо ділянки починаючи з головної магістралі. Продовжуем нумерацію на відгалудженнях, щоб забезпечити зрозумілу і логічну структуру системи. 3. Визначення витрати повітря: На кожній ділянці схеми визначаємо витрату повітря. Починаємо з периферійних відгалуджень, поступово додаючи витрати повітря на окремих відгалудженнях. 4. Запис значень витрат: Проставляємо значення витрат повітря на схемі для кожної ділянки. Це допоможе у подальшому аналізі та налаштуванні системи. 5. Геометричні довжини ділянок: Обчислюємо і відображаємо геометричні довжини кожної ділянки у схемі. 6. Позначення номерів: Біля кожної ділянки вказуємо її номер, що допоможе в подальших розрахунках та обговореннях. Такий підхід дозволить створити чітку та зрозумілу аксонометричну схему системи вентиляції, яка значно спростить подальші розрахунки та налаштування системи. [41]

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Приймаємо допустиму швидкість руху повітря повітропроводом  $v_{\text{дїл}}$ , м/с.

Розрахункову площу поперечного перерізу визначаємо:

$$f_p = \frac{L_{\text{дїл}}}{3600 \times g_{\text{дїл}}};$$

де,  $L_{\text{дїл}}$ - витрата повітря на ділянці, м<sup>3</sup>/год.

Швидкість в магістраліх трубопроводів 5-8 м/с, для відгалужень 5 м/с.

За величиною  $f_p$  вибираємо стандартний діаметр повітропроводу при умові рівності розрахункової площі поперечного перерізу  $f_p$  і фактичної  $f_{\text{ф}}$ .

Для повітропроводів прямокутного перерізу еквівалентний діаметр визначаємо:

$$d_e = \frac{2 \times a \times b}{(a + b)}$$

Фактичну швидкість руху повітря в поперечному перерізі повітропроводу розраховуємо:

$$g_{\text{ф}} = \frac{L_{\text{дїл}}}{3600 \times f_{\text{дїл}}}$$

Розраховуємо динамічний тиск на ділянці:

$$P_{\text{д}} = \frac{\rho \times g_{\text{ф}}^2}{2}$$

Розраховуємо питомі втрати тиску на подолання опору тертя  $R$ , Па/м, враховуємо коефіцієнт  $\beta_{\text{ш}}$  та поправочні коефіцієнти  $K_1$  та  $K_2$ , які враховують температуру повітря, що транспортується по повітропроводу.

Розраховуємо втрати тиску на подолання опору тертя:

$$\Delta P_m = R \times l \times \beta_{\text{ш}} \times K_1$$

Розраховуємо втрати тиску на подолання місцевих опорів на розрахунковій ділянці повітропроводу:

$$\Delta P_{\text{зд}} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \times P_{\text{д}} \times K_2$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо загальні втрати тиску на розрахунковій ділянці повітропроводу вентиляційної системи:

$$\Delta P_{\text{дiл}} = R \times l \times \beta_{\text{ш}} \times K_1 + \sum_{i=1}^n \zeta_i \times P_{\text{д}} \times K_2$$

Загальні втрати тиску:

$$\Delta P_c = 1,1 \times \sum_{i=1}^n \left( R \times l_{\text{дiл}} \times \beta_{\text{ш}} \times K_1 + \sum_{i=1}^n \zeta_i \times \frac{\rho \times g_i^2}{2} \times K_2 \right) + \Sigma P_{\text{об}},$$

де, 1,1- коефіцієнт запасу, який враховує невраховані втрати тиску в системі,

$n$ - кількість ділянок, які знаходяться на магістралі,

$\Sigma P_{\text{об}}$ - сумарні втрати тиску на подолання аеродинамічного опору обладнання, яке є у вентиляційній системі, Па.

Проводимо ув'язування відгалуджень системи. Розрахунок відгалуджень системи вентиляції розраховуємо аналогічно, як і для ділянок магістрального повітропроводу з визначенням втрат тиску  $\Delta P_{\text{вiд}}$ .

Визначаємо нев'язку втрат тиску, враховуючи загальні втрати тиску на відгалудженні  $\Delta P_{\text{вiд}}$  та загальні втрати тиску на розрахунковій ділянці магістрального напрямку  $\Delta P_{\text{дiл}}$ :

$$H = \frac{\Delta P_{\text{дiл}} - \Delta P_{\text{вiд}}}{\Delta P_{\text{дiл}}} \times 100\%$$

Нев'язка не повинна перевищувати 10%.

Розрахунок:

$$f_p^{1-2} = \frac{L_{\text{дiл}}}{3600 \times g_{\text{дiл}}} = \frac{660}{3600 \times 5} = 0,037 \text{ м};$$

$$f_p^{2-3} = \frac{1320}{3600 \times 5} = 0,073 \text{ м}$$

$$d_e^{1-2} = \frac{2 \times a \times b}{(a + b)} = \frac{2 \times 150 \times 250}{150 + 250} = 188 \text{ мм} = 0,19 \text{ м}.$$

$$d_e^{2-3} = \frac{2 \times a \times b}{(a + b)} = \frac{2 \times 250 \times 250}{250 + 250} = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}.$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$g_{\phi}^{1-2} = \frac{L_{\text{дил}}}{3600 \times f_{\phi}} = \frac{660}{3600 \times 0,0314} = 5,8 \text{ м/с};$$

$$g_{\phi}^{2-3} = \frac{1320}{3600 \times 0,049} = 7,5 \text{ м/с};$$

$$P_{\text{д}}^{1-2} = \frac{\rho \times g_{\phi}^2}{2} = \frac{1,2 \times 5,8^2}{2} = 20,2 \text{ Па};$$

$$P_{\text{д}}^{2-3} = \frac{1,2 \times 7,5^2}{2} = 33,8 \text{ Па};$$

$$\Delta P_m^{1-2} = R \times l \times \beta_{\text{ш}} \times K_1 = 0,19 \times 2 \times 1,3 \times 1 = 0,7 \text{ Па};$$

$$\Delta P_m^{2-3} = 0,69 \times 3,5 \times 1,4 \times 1 = 3,2 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{зд}} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \times P_{\text{д}} \times K_2 = 2,24 \times 1,4 \times 1 = 3,1 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{зд}} = 4,15 \times 5,8 \times 1 = 24,1 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{зд}} = 4,58 \times 5 \times 1 = 22,9 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{зд}} = 4,4 \times 9,1 \times 1 = 40 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{зд}} = 2,8 \times 0,7 \times 1 = 2 \text{ Па}.$$

Розраховуємо остаточно загальні втрати тиску:

$$\Delta P_{\text{дил}} = R \times l \times \beta_{\text{ш}} \times K_1 + \sum_{i=1}^n \zeta_i \times P_{\text{д}} \times K_2 = 3,8 + 27,3 + 25,3 + 44,5 + 2,12 = 103 \text{ Па}$$

В системі вентиляції - загальні втрати тиску:

$$\Delta P_c = 1,1 \times \sum_{i=1}^n \left( R \times l_{\text{дил}} \times \beta_{\text{ш}} \times K_1 + \sum_{i=1}^n \zeta_i \times \frac{\rho \times g_i^2}{2} \times K_2 \right) + \Sigma P_{\text{об}} = 1,1 \times (103 + 26 + 12) = 155 \text{ Па}$$

де, (26+12)- відповідно сумарні втрати тиску на подолання аеродинамічного опору в припливній установці та глушнику шуму, Па

Аналогічно розраховуємо всі інші системи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

	люди на	36 м3/лю д	60 м3/лю д	Look	довж ина	Vmin	Клапана, шт		Флексив ент, шт
Вітальня-кухня	4	144	240			53	4	клап	6
Гостьоваспальня	1,5	54	90			13	1	клап	2
Майстер спальня	2	72	120			27	2	клап	3
Дитяча 1	1,5	54	90			13	1	клап	2
Дитяча 2	1,5	54	90			13	1	клап	2
<b>Общая</b>		<b>378</b>	<b>630</b>				<b>9</b>	<b>клап</b>	<b>15</b>

Кухня		120	120				2	клап	3
С/У гостьовий		30	30				1	клап	1
С/У гостьової спальні		60	60				1	клап	2
С/У хазяйський		70	70				1	клап	2
Гардероб хазяйський		30	30				1	клап	1
С/У дитячий 1		60	60				1	клап	2
С/У дитячий 2		60	60				1	клап	2
Гардероб дитячий		20	20				1	клап	1
<b>Общая</b>		<b>450</b>	<b>450</b>				<b>9</b>	<b>клап</b>	<b>11</b>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

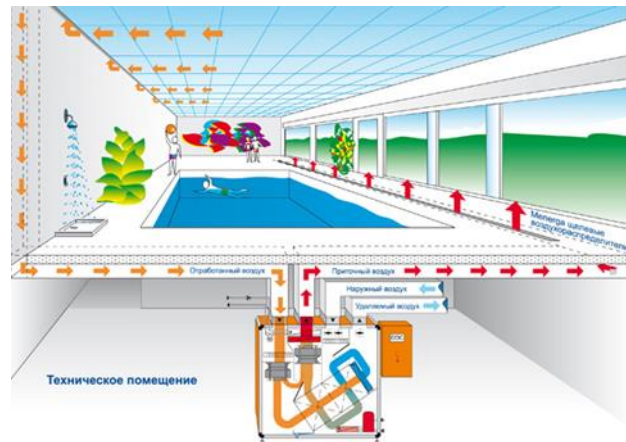
Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## 5.4. Проектування системи вентиляції басейну

Основний принцип вентиляції приміщення басейну полягає в наступному [47]:

- відпрацьоване повітря повинно видалятися з верхньої частини приміщення;
- свіже повітря, яке має вищу температуру та низьку відносну вологість, подається по периметру приміщення, уздовж стін і вікон. Такий режим вентиляції дозволяє ефективно видаляти вологе повітря та підтримувати необхідну температуру біля стін (яка повинна бути вищою за точку роси).



Об'єм повітря, що надходить до приміщення, повинен відповідати санітарним нормам, тобто складати 80 м<sup>3</sup>/год на кожну людину. Постачання свіжого повітря та видалення відпрацьованого в басейнах забезпечується спеціалізованою вентиляцією. Існують два варіанти організації цього процесу:

- окремо працюючі припливна та витяжна системи;
- єдина припливно-витяжна установка.

Основні компоненти припливної вентиляції:

- пристрої для подачі повітря, оснащені клапаном, який запобігає потраплянню холодного повітря в приміщення в зимовий період, коли система не працює;
- фільтр для очищення повітря;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- нагрівач повітря;
- вентилятор для забору повітря;
- блок для підтримки необхідної температури та об'єму забраного повітря.

Припливна вентиляція забезпечує подачу свіжого повітря в приміщення, при цьому цей процес відокремлений від видалення зволоженого повітря, яке відбувається паралельно.

Витяжна вентиляція передбачає використання витяжного вентилятора, вмонтованого в спеціально підготовлені канали. До цієї системи входять повітряний (зворотний) клапан і автоматична система управління. Повітря поширюється через повітроводи, виготовлені з оцинкованої сталі, а його подача та видалення здійснюються через вентиляційні решітки.

Поширенню повітря з басейну в сусідні приміщення та коридори перешкоджає спеціальна налаштування системи вентиляції, яка передбачає збільшення кількості відпрацьованого повітря порівняно з припливним.

Установка окремо працюючих припливної та витяжної систем характеризується простим монтажем і відносно низькою вартістю. Основний недолік такого обладнання — високе енергоспоживання. Крім того, в деяких випадках воно не здатне ефективно забезпечити вентиляцію приміщень з високим рівнем вологості.

Якщо поєднати це обладнання з осушувачем повітря, ефект може бути значно кращим. Така схема є найбільш оптимальною для басейнів у приватному секторі. Правильний розрахунок повітрообміну в системі вентиляції басейну забезпечує комфорт і порядок у приміщенні.

Вентиляційна система повинна мати можливість працювати з меншою продуктивністю, що дозволяє знижувати споживання електроенергії під час простою басейну. Однак при встановленні повітрообмінного пристрою варто також передбачити більш потужні вузли, які забезпечать ефективну роботу системи, коли кількість користувачів збільшується.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Отже, вибір вентиляційної системи потребує ретельних розрахунків відповідно до технічних вимог. Для цього використовуються такі показники:

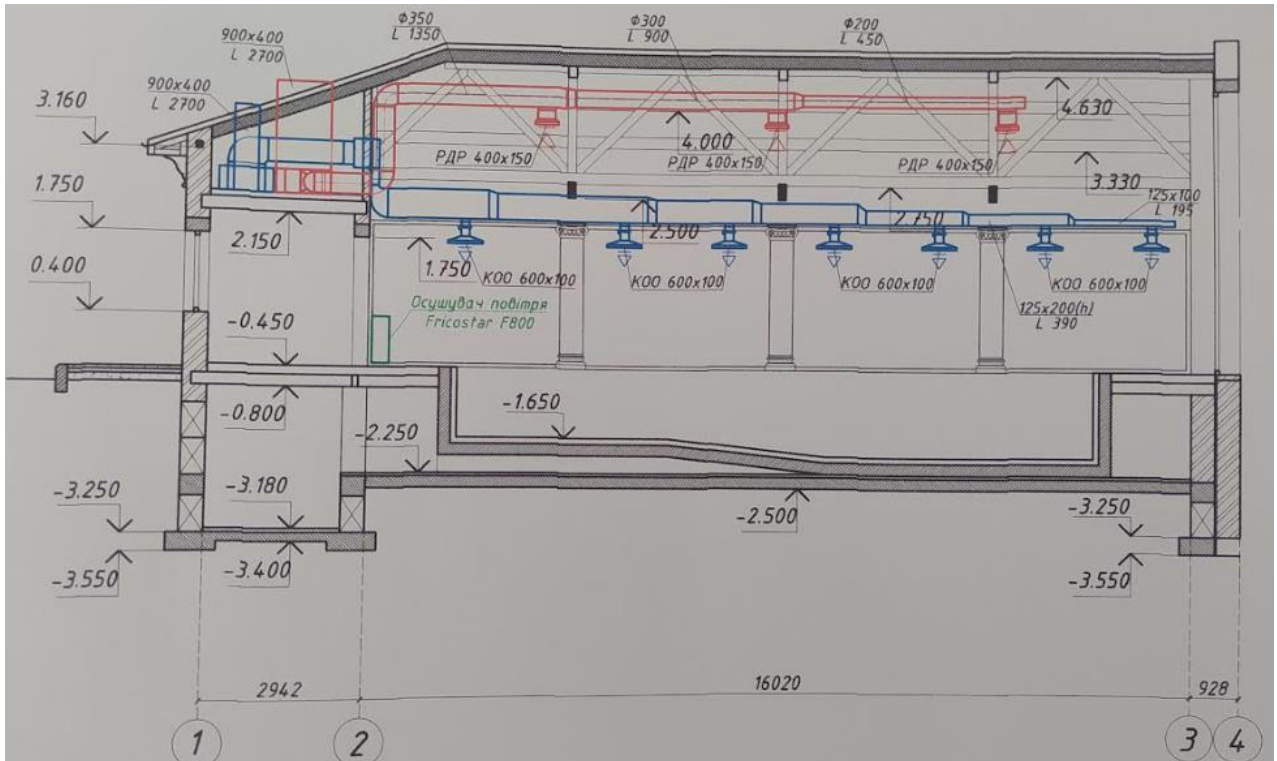
- площа робочої поверхні басейну;
- площа доріжок, що оточують басейн;
- загальна площа штучної купелі;
- температура повітря в місці розташування басейну (враховуються дані за 5 днів в найхолодніші та найтепліші періоди року);
- мінімальні температури води та повітря в басейні;
- розрахункова кількість людей, що користуються басейном;
- розрахункова температура повітря, що видаляється з приміщення (для оцінки ризику виникнення конденсату).

Приміщення з басейном повинно бути оснащено системою водяного опалення для мінімізації теплових втрат. Для запобігання утворенню конденсату на вікнах з внутрішньої сторони важливо встановити всі опалювальні прилади під ними безперервним ланцюгом. Це дозволить нагрівати внутрішню поверхню скла на  $1^{\circ}\text{C}$  вище температури точки роси, яка визначається залежно від пори року: в теплу — це  $18^{\circ}\text{C}$ , в холодну — не нижче  $16^{\circ}\text{C}$ .

Для плавальних басейнів, що використовуються цілорічно і розташовані в закритих приміщеннях, температура води зазвичай становить  $26^{\circ}\text{C}$ , а температура повітря в робочій зоні —  $27^{\circ}\text{C}$ , при відносній вологості 65%.

Показник температури поверхні води знаходиться на 1 градус нижче, ніж температура води в самому басейні. Температура поверхні доріжок дорівнює  $31^{\circ}\text{C}$ .

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Для розрахунку повітрообміну в приміщенні з басейном використовуються такі основні показники:

- Розміри площі басейну – це важливий параметр, оскільки він визначає обсяг повітря, який необхідно обробити для забезпечення належного клімату в приміщенні.
- Температура води – цей показник впливає на рівень вологості в приміщенні, оскільки тепла вода сприяє випаровуванню, що підвищує вологість повітря.
- Загальна вологість повітря – рівень вологості визначає необхідний обсяг вентиляції для усунення надлишку вологи та підтримки комфортних умов для перебування в приміщенні.

Ці фактори враховуються для забезпечення ефективного повітрообміну, що допомагає підтримувати оптимальний рівень температури та вологості в басейні та прилеглих приміщеннях та визначається за формулою:

$$W = e \cdot F \cdot P_b - P_L, \text{ кг/год.}$$

де,  $F$  – площа водойми в  $\text{м}^2$ ;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

$P_b$  – індекс тиску парів води в насиченому повітрі з урахуванням температурного показника води в басейні в Барах;

$P_L$  – індекс тиску водяної пари при заданому температурному режимі і вологості в Барах;

$e$  – коефіцієнт випаровування в кг (м<sup>2</sup>·год·Бар), який визначає функціональні особливості водойми (для різних його типів він також різний: при прикритій плівкою водяній гладі – 0,5; при її нерухомості – 5; невеликих розмірах чаші і незначних кількостях відвідувачів – 15.

Розрахунок:

У теплу пору року температура 28°C, у холодний — 26°C нижче нуля.

Басейн займає площу в 60м<sup>2</sup>.

Загальна квадратура доріжок навколо нього – 36 м<sup>2</sup>.

Розрахована кількість одночасного перебування 10 осіб.

Температура води — 26°C.

Температура повітря в робочій зоні — 27°C.

Температура повітря у верхній частині приміщення, що слід вивести, — 28°C.

Розрахунок надходження вологи від людей:

$$W_{пл} = q \cdot N (1 - 0,33) = 200 \cdot 10 (1 - 0,33) = 1340 \text{ р/год.}$$

Надходження вологи з поверхні води за формулою:

$$W_B = \frac{A \times F \times \sigma_{ис} (d_w - d_b)}{1000},$$

де,  $A$  – коефіцієнт, що визначає інтенсивність випаровування з поверхні води при наявності плавців порівняно з тим, коли їх немає;

$F$  — площа водяній гладі (вона у нас 60 м<sup>2</sup>);

$\sigma_{ис}$  — коефіцієнт випаровування (кг/(м<sup>2</sup>·год) —  $\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot v$  (рухливість повітря над ванною басейну,  $v = 0,1$  м/с),  $\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot 0,1 = 26,9$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

кг/(м<sup>2</sup>·год);  $d_v = 13,0$  г/кг при  $t_v = 27^\circ\text{C}$  і  $f_v = 60\%$ ;

$d_w = 20,8$  г/кг при  $f_w = 100\%$  і  $t_{пов} = t_w - 1^\circ\text{C}$ .

Температура поверхні ванни:  $t_{пов} = 26^\circ - 1^\circ = 25^\circ\text{C}$ .

$$W_B = \frac{1,5 \times 26,9 \times 60 \times (20,8 - 13,0)}{1000} = 18,9 \text{ кг/ч.}$$

Кількість вологи, що надходить з обхідних доріжок басейну:

Наперво визначаємо розмір мокрою їх частини від загальної площі. В нашому випадку цей показник дорівнює 0,45.

Далі розрахунок ведемо за такою формулою:

$$W = 6,1 \cdot (t_v - t_{MT}) \cdot F,$$

де температура мокрого термометра ( $t_{MT}$ ) дорівнює  $20,5^\circ$  градуси за Цельсієм, і отримуємо, що  $W = 6,1 \cdot (27 - 20,5) \cdot 36 \cdot 0,45 = 650$  р/год.

Склавши отримані результати, дізнаємося загальне проникнення вологи:

$$W = 1,34 + 18,9 + 0,65 = 20,9 \text{ кг/год.}$$

Зовнішнє повітря в найбільш жаркий період треба охолодити до  $25,6^\circ\text{C}$ . Інакше температура повітря у нашому водоймі підвищиться до  $30^\circ\text{C}$ .

З отриманих розрахунків бачимо, що зовнішнє повітря в самий жаркий період дня необхідно охолодити в повітроохолоджувачі до  $25,6^\circ\text{C}$ . Якщо пропустити цей етап, то температура повітря в басейні буде зростати до  $30^\circ\text{C}$ .

Визначаємо розрахунок для теплого періоду року надходження тепла від: освітлення; плавців; обхідних доріжок.

Від сонячної радіації кількість теплоти:

$$Q_{с.р.} = 2200 \text{ Вт.}$$

Кількість теплоти від купаються в басейні:

$Q_{пл} = q_a \cdot N \cdot (1 - 0,33) = 60 \cdot 10 \cdot 0,67 = 400$  Вт (0,33 — частка часу, яку проводять плавці у басейні).

Тепер визначаємо теплоту, витікаючу від обхідних доріжок:

$$Q_{я.пр.д} = a_{т.д} \cdot F_{о.д} (t_{о.д} - t_v) = 10 \cdot 36 (31 - 27) = 1440 \text{ Вт (} a_{т.д} = 10$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Вт/(м<sup>2</sup>/С) — коефіцієнт тепловіддачі обхідних доріжок).

Втрати тепла, якими супроводжується нагрівання води:

$Q_{\text{в}} = \alpha \cdot F_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{пов}}) = 4 \cdot 60 \cdot (27 - 25) = 480 \text{ Вт}$  ( $\alpha = 4,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$  — коефіцієнт тепловіддачі від води до повітря;  $t_{\text{пов}} = t_{\text{в}} - 1^\circ\text{С} = 26^\circ - 1^\circ = 25^\circ\text{З}$  — температура поверхні води).

Розрахуємо надлишки явної теплоти:

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{о.д}} - Q_{\text{в}} = 2200 + 400 + 1440 - 480 = 3560 \text{ Вт.}$$

Розрахунок повітрообміну в холодну пору року

Слід знати, що відносна вологість в такому випадку буде дорівнювати 50%, а  $d_{\text{в}} = 10,8 \text{ г}/\text{кг}$ . Інші параметри використовуються ті ж, що і з теплового періоду.

Визначаємо кількість явного тепла:

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{осв}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{о.д}} + Q_{\text{в}} = 620 + 400 + 1440 - 480 = 1980 \text{ Вт.}$$

Визначаємо кількість вологи:

від плавців  $W_{\text{пл}}$  само, як і в теплий сезон, 1340 р/год; з водної поверхні визначаємо:

$$W_{\text{Б}} = \frac{1,5 \times 60 \times 26,9(20,8 - 10,8)}{1000} = 24,2 \text{ кг/ч;}$$

з обхідних доріжок розраховуємо

$$W_{\text{о.д}} = 6,1(27 - 19)360,45 = 790 \text{ р/год.}$$

Загальне надходження вологи, таким чином, буде становити:

$$W = W_{\text{пл}} + W_{\text{Б}} + W_{\text{о.д}} = 1,34 + 24,2 + 0,79 = 26,3 \text{ кг/год.}$$

Далі визначаємо кількість повного тепла:

$$Q_{\text{скр.Б}} = 24,2 \cdot (2501,3 - 2,39 \cdot 25) = 59080 \text{ кДж/год;}$$

$$Q_{\text{скр.од}} = 0,79 \cdot (2501,3 - 2,39 \cdot 31) = 1920 \text{ кДж;}$$

$Q_{\text{скр.пл}}$  відображає результат, отриманий в теплий період, тобто 3330 кДж/год.

Підраховуємо загальну кількість тепла:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

$$59080 + 1920 + 3330 + 3,6 \cdot 1980 = 71400 \text{ кДж/год.}$$

З отриманих даних обчислюємо тепловологість:

$$\epsilon = \frac{71400}{26,3} = 2715 \text{ кДж/кг.}$$

Будуємо процеси на i-d діаграми: через точку В проводимо промінь процесу до перетину з лінією  $d = \text{const}$  і позначаємо точку К. (Додаток 2)

У холодний період для збереження тепла в приміщенні та зниження енергоспоживання часто використовують рециркуляцію повітря. Це означає, що частина повітря, що вже знаходиться в приміщенні, знову подається в систему вентиляції після його очищення, нагріву та осушення, замість того щоб викидати його назовні.

Рециркуляція дозволяє значно зменшити теплові втрати, оскільки вже прогріте повітря не видаляється, а використовується повторно. Це особливо корисно в холодний період, коли зниження енергоспоживання є важливим аспектом. Однак при цьому важливо правильно регулювати рівень вологості, щоб уникнути утворення конденсату та підтримувати комфортні умови в приміщенні.

Вміст вологи в робочій зоні в холодний і теплий періоди нічим не відрізняється:

$$\Delta d_{p.z} = d_v - d_n = 13 - 9,9 = 3,1 \text{ г/кг.}$$

Виводимо вологовміст суміші в холодну пору:

$$d_{cm} = d_v - d_{p.z} = 10,8 - 3,1 = 7,7 \text{ г/кг.}$$

На перетині  $d_{cm}$  лежить точка суміші, яка разом з тим  $\epsilon$  на графіку теплового періоду  $G_n$  кг/год.

Розраховуємо вологовміст відпрацьованого повітря  $d_y$ :

$$d_y = d_{cm} + \frac{\sum W}{G_n} = 7,7 + \frac{26300}{4100} = 14,1 \text{ г/кг.}$$

Розраховуємо кількість повітря, що поступає зовні:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_n = G_n \frac{d_y - d_{cm}}{d_y - d_n} = 4100 \frac{14,1 - 7,7}{14,1 - 0,35} = 1920 \text{ кг/ч,}$$

Якщо величина вентиляційного повітрообміну перевищує нормативне значення ( $G_n = 960$  кг/год), то необхідно передбачити систему для переробки теплоти повітря, яке видаляється. Це дозволить зберегти енергію і підтримувати комфортний мікроклімат у приміщенні.

Вентиляція басейну є ключовим елементом для забезпечення його надійного і ефективного використання. Використання припливно-витяжних установок є найбільш оптимальним варіантом, оскільки вони дозволяють одночасно забезпечувати приплив свіжого повітря та видалення зволоженого, забезпечуючи належну циркуляцію і контроль за вологістю в приміщенні.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

*Арк.*

**6. Розробка комбінованого джерела  
теплохолодопостачання**

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час вибору геотермального теплового насоса слід враховувати кілька ключових чинників [42]:

- Теплове навантаження будівлі
- Доступна площа для встановлення ґрунтового колектора
- Геологічні умови ділянки
- Кліматичні особливості регіону
- Енергетичні потреби будівлі

Процес встановлення геотермального теплового насоса включає такі етапи:

- Оцінка ділянки та розрахунок теплового навантаження
- Проектування системи
- Отримання необхідних дозволів
- Буріння свердловин або прокладання горизонтального колектора
- Встановлення теплового насоса і системи розподілу тепла
- Пусконаладжувальні роботи та тестування системи

Важливо зазначити, що встановлення геотермального теплового насоса вимагає професійного підходу і має виконуватися кваліфікованими фахівцями.

Для українського ринку характерні такі особливості під час вибору геотермального теплового насоса:

Фактор	Опис
Клімат	Помірно-континентальний, з холодною зимою та теплим літом
Глибина промерзання ґрунту	Від 0,8 м на півдні до 1,8 м на півночі
Середня температура ґрунту	8-12°C на глибині 10 м
Переважаючий тип ґрунту	Чорнозем, суглинки, піщані ґрунти

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Ці дані допомагають фахівцям правильно спроектувати систему і вибрати оптимальний тип колектора для конкретної ділянки.

початкові інвестиції в геотермальну систему можуть бути значними, але довгострокова економія на експлуатаційних витратах робить цю технологію привабливою для багатьох домовласників і підприємств. Давайте докладніше розглянемо економічні аспекти [43]:

Початкові інвестиції:

- Вартість обладнання: тепловий насос, колектор, система розподілу.
- Витрати на проектування і монтаж.
- Витрати на отримання дозволів і погоджень.

Експлуатаційні витрати:

- Витрати на електроенергію для роботи теплового насоса.
- Мінімальні витрати на технічне обслуговування.

Економія:

- Зниження витрат на опалення та охолодження до 70% порівняно з традиційними системами.
- Можливість отримання «зеленого» тарифу на електроенергію в деяких регіонах.
- Збільшення вартості нерухомості за наявності геотермальної системи.

Коли мова заходить про ціни на геотермальні теплові насоси, важливо розуміти, що вартість системи може значно варіюватися залежно від безлічі факторів. Для невеликого приватного будинку ціна може починатися від 10 000 євро, тоді як для великих комерційних об'єктів вона може досягати кількох сотень тисяч євро.

Незважаючи на високі початкові витрати, термін окупності геотермальних систем зазвичай становить 5-10 років, після чого вони починають приносити

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

чисту економію. Це робить геотермальні теплові насоси особливо привабливими для тих, хто планує довгострокове володіння нерухомістю.

Цікаво зазначити, що згідно з дослідженням Міжнародного енергетичного агентства, до 2050 року геотермальні теплові насоси можуть забезпечувати до 5% глобального попиту на опалення та охолодження. Це свідчить про зростаюче визнання економічної ефективності цієї технології.

Для тих, хто цікавиться питанням ціни на геотермальні теплові насоси, важливо розуміти, що це інвестиція в майбутнє. Хоча початкові витрати можуть здатися високими, довгострокова економія та екологічні переваги роблять цю технологію все більш привабливою для українських споживачів.

Щоб зробити геотермальні системи доступнішими, деякі виробники та установники пропонують різні фінансові інструменти, як-от лізинг або розстрочка платежів. Крім того, в деяких регіонах України діють програми державної підтримки для впровадження енергоефективних технологій, які можуть частково компенсувати витрати на встановлення геотермального теплового насоса.

#### Визначення оптимальної комбінації джерел тепла

Варіант, що поєднує фотоелектричні сонячні панелі, акумуляторну батарею та тепловий насос є оптимальним для нашої гібридної системи (рис. 6.1).

Проектування виконано згідно діючих нормативних даних України.

При розробці креслень використовували архітектурно-будівельні дані та було прийнято технічні рішення, які відповідають умовам екологічних, санітарно-гігієнічних та інших діючих норм і забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей, експлуатацію будівлі.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

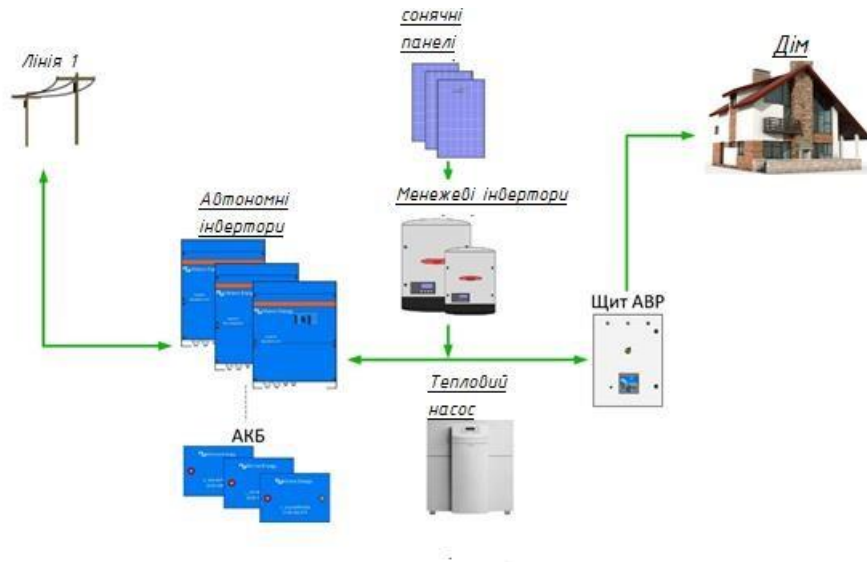


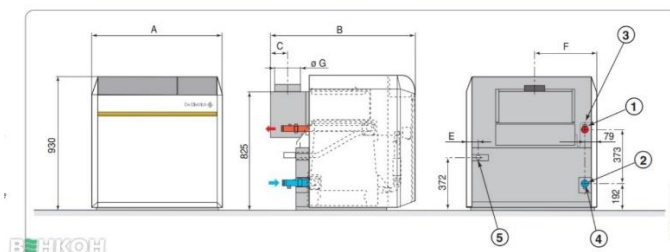
Рисунок 6.1. Оптимальна комбінація джерел гібридної системи

Вихідними даними прийнято:

- Розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року - 22°C.
- Середня температура опалювального періоду -1,1°C.
- Середня температура найбільш холодного періоду -10°C.
- Тривалість опалювального періоду 187 діб.

Джерелом теплопостачання приймаємо опалювальний агрегат - тепловий насос EWWP 045 "DAIKIN" (Японія) [40] з теплопродуктивність, при параметрах теплоносіїв первинного та вторинного контурів 0/50 °C/°C, 37,8 кВт, а також газовий котел DTG 230-11 S "De Dietrich" (Франція) потужністю 90 кВт, який виконує функцію бівалентного та резервного джерела теплопостачання.

DTG 230-	7 S	8 S	9 S	10 S	11 S	12 S	13 S	14 S
A	863	946	1113	1113	1280	1280	1447	1447
B	952	952	1007	1007	1007	1007	1007	1007
C	102	102	124	124	124	124	124	124
E	75	75	159	75	159	75	159	75
F	452	494	535	578	619	661	703	703
Ø G	180	180	180	200	200	200	220	220



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Тепловий насос з газовим котлом працює для забезпечення роботи таких контурів:

- 1 - контур теплопостачання системи опалення басейну;
- 2 - контур теплопостачання системи підлогового опалення басейну
- 3 - контур теплопостачання системи підлогового опалення;
- 4 - контур теплопостачання системи опалення;
- 5 - контур тепло-, холодопостачання фенкойлів;
- 6 - контур теплопостачання калорифера системи вентиляції;
- 7 - контур теплопостачання теплообмінника підігріву басейну.

Вироблена енергія агрегатами акумулюється в буферному накопичувачі allSTOR VPS 1000/2. Приготування гарячої води відбувається за рахунок накопичувача "Vaillant" (Німеччина). Також запроектована геліоустановка, яка складається з 2 панелей VFK 145 V "Vaillant" (Німеччина). Теплова енергія від сонячної установки акумулюється в водонагрівачі. Пасивне охолодження холодоносія контуру V проходить в проміжному пластинчатому теплообміннику "Sondex" (Данія).

#### Сонячний колектор Vaillant auroTHERM VFK 145/2 V [44]

Технічні характеристики

Макс. тиск	10 бар
ККД	80.1 %
Коеф. прозорості скла $\tau$	91 %
Коеф. поглинання $\alpha$ абсорбера	95 %
Коеф. випромінювання абсорбера $\varepsilon$	5 %
Температура стагнації	171 °C
Коеф. втрати тепла $k_1$	3.32 Вт/м <sup>2</sup> *К
Коеф. втрати тепла $k_2$	0.023 Вт/м <sup>2</sup> *К
Тип	плоский
Вид	закритий
Монтаж	універсальний

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення	опалення та ГВП
Комплектація	1 колектор
Матеріал рами	алюміній
Габарити (ШхВхГ)	1233x2033x80 мм
Вага колектора	38 кг
Конструкція	
Матеріал абсорбера	алюміній-мідь
Площа абсорбера	2.35 м <sup>2</sup>
Загальна площа колектора	2.51 м <sup>2</sup>

Циркуляція теплоносіїв у системах здійснюється за допомогою насосів фірми "Grundfos" (Данія), що забезпечують механічне спонукання. Трубопроводи обв'язки джерела виконуються зі сталі. Монтаж основного та допоміжного обладнання здійснюється відповідно до вимог нормативних документів України. Після завершення монтажних робіт та проведення гідравлічних випробувань трубопроводи повинні бути ізольовані теплоізоляцією з синтетичного каучуку товщиною 9 мм, що має коефіцієнт теплопровідності  $\mu \geq 3000$ .

Теплоносієм для системи тепло- і холодопостачання будинку є хімічно підготовлена вода. В первинному контурі ґрунтового теплообмінника теплового насоса використовується розчин етанолу з концентрацією 25% за об'ємом. Геліюустановка заповнюється спеціальним фірмовим теплоносієм Vaillant.

Вбудоване джерело тепло- та холодопостачання потребує додаткового землевідведення для розміщення ґрунтового теплообмінника, при цьому межі землекористування не змінюються, а також не передбачається можливість перспективного будівництва на цій ділянці. Це джерело тепло- та холодопостачання призначене для забезпечення теплових навантажень систем опалення, гарячого водопостачання та охолодження для підтримання комфортних умов у приміщеннях будинку.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Рік	Кап витрати	Експл. витрати	Економія	CF	Кумм CF	ki	NPV	Кумм диск CF
0	1086	0	0	-1086	-1086	1,00	-1086,00	1086,00
1		36	328,00215	292,0021	-793,998	0,79	231,75	-854,25
2		36	328,00215	292,0021	-501,996	0,63	183,93	-670,33
3		36	328,00215	292,0021	-209,994	0,50	145,97	-524,35
4		36	328,00215	292,0021	82,00859	0,40	115,85	-408,50
5		36	328,00215	292,0021	374,0107	0,31	91,95	-316,55
6		36	328,00215	292,0021	666,0129	0,25	72,97	-243,58
7		36	328,00215	292,0021	958,015	0,20	57,92	-185,67
8		36	328,00215	292,0021	1250,017	0,16	45,96	-139,70
9		36	328,00215	292,0021	1542,019	0,12	36,48	-103,22
10		36	328,00215	292,0021	1834,021	0,10	28,95	-74,27
11		36	328,00215	292,0021	2126,024	0,08	22,98	-51,29
12		36	328,00215	292,0021	2418,026	0,06	18,24	-33,05
13		36	328,00215	292,0021	2710,028	0,05	14,47	-18,58
14		36	328,00215	292,0021	3002,03	0,04	11,49	-7,09
15		36	328,00215	292,0021	3294,032	0,03	9,12	2,02
16		36	328,00215	292,0021	3586,034	0,02	7,24	9,26
17		36	328,00215	292,0021	3878,037	0,02	5,74	15,00
18		36	328,00215	292,0021	4170,039	0,02	4,56	19,56
19		36	328,00215	292,0021	4462,041	0,01	3,62	23,17
20		36	436,60215	400,6021	4862,643	0,01	3,94	27,11

NPV = 27,11

Простий термін окупності: 3,7 років

Дисконтований термін окупності: 15 роки і 9 місяців

Враховуючи чинний тариф на теплопостачання та облікову ставку в 26%, гібридна система на основі теплового насоса та сонячних панелей окупилася за 15 років та 9 місяців.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## **Висновок**

Комбіновані системи для потреб теплохолодозабезпечення - це тип системи опалення, яка поєднує два або більше різних джерел тепла для забезпечення будинку або будівлі теплом і гарячою водою.

Комбіновані системи опалення на основі сонячної енергії може використовувати сонячні панелі для виробництва електроенергії та нагрівання води вдень, а надлишок енергії зберігається в акумуляторах або теплових накопичувачах для використання вночі.

Комбіновані системи теплозабезпечення на основі теплових насосів є ефективним та стабільним рішенням для забезпечення комфортного та екологічно чистого опалення житлових будівель. Застосування комбінованих систем теплозабезпечення дозволяє покращити енергетичну ефективність будівлі, зменшити викиди парникових газів і впливати на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Використання комбінованих систем з тепловими насосами дозволяє значно знизити споживання енергії, порівняно з традиційними системами опалення, що базуються на використанні природного газу або нафтопродуктів.

Проведені економічні розрахунки показали, що використання комбінованих систем з тепловими насосами може забезпечити значні економії на опаленні в порівнянні з іншими традиційними системами.

На основі отриманих результатів дослідження можна зробити висновок, що комбіновані системи теплозабезпечення на основі теплових насосів є перспективним та ефективним рішенням для забезпечення опалення житлових будівель, сприяють зменшенню споживання енергії та негативного впливу на навколишнє середовище, а також забезпечують економічну вигоду для користувачів.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. Система автоматизації приміщення басейну

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система автоматизації мокрих приміщень. У конвекторах, розташованих у вологих і сирих приміщеннях, компанія Мініб використовує як привод вентиляторів електродвигуни змінного струму на напругу 12 В. Такі електродвигуни показали свою надійність під час експлуатації в подібних умовах. У цих умовах застосовуються два типи систем регулювання теплопродуктивності конвекторів [45]:

Система регулювання типу А1 – контакт термостата включає джерела напруги живлення ТТ240-Е1 (ТТ300-Е1), до яких підключені електродвигуни. Швидкість обертання вентиляторів можна налаштувати шляхом підключення до вибраної клеми (7 – 9 – 12 В).

Система регулювання типу Е1 – ланцюг електроніки (панель управління Reg.1) оцінює цикли замикання контакту термостата і, в залежності від відхилення фактичної температури від необхідної, автоматично регулює швидкість обертання вентиляторів: збільшує, зменшує або вимикає їх.

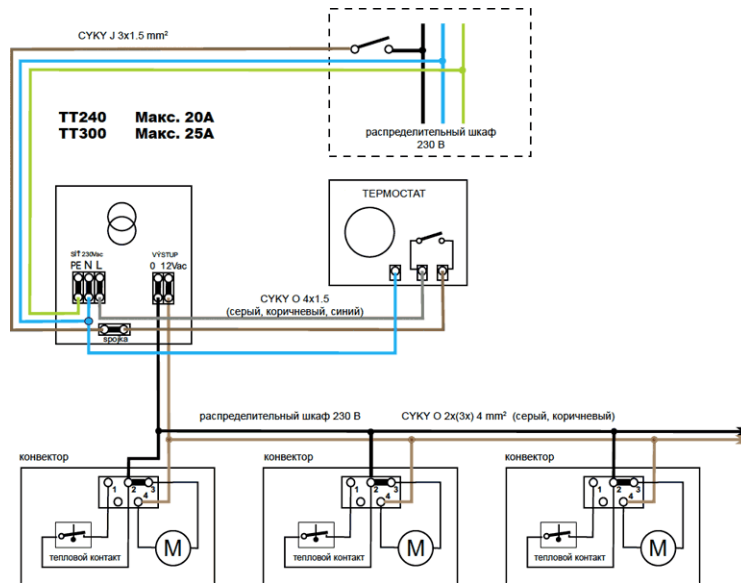
Схема підключення систем регулювання А1 та Е1 зазначена нижче.

Система регулювання типу А1. Конвектори можуть підключатися послідовно, якщо відстань до трансформатора невелика. З'єднання "зіркою" рекомендується у випадку, коли відстань до останнього або найбільш віддаленого трансформатора перевищує 20 м. Розгалуження можна здійснювати за допомогою електромонтажних коробок ЕМК у стіні або клем WAGO безпосередньо в корпусі конвектора. Провідники, підключені до крайніх клем конвектора, можуть перехрещуватися, при цьому центральні клеми повинні бути з'єднані між собою. Якщо використовується кабель із чорною, чорною та коричневою ізоляцією провідників, для з'єднання центральних клем слід використовувати коричневий провідник.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



**Система регулювання Е1** (для сирих приміщень, автоматичне ступінчасте регулювання швидкості обертання, програмований термостат). Максимальна довжина конвекторів складає 6 (8) м.

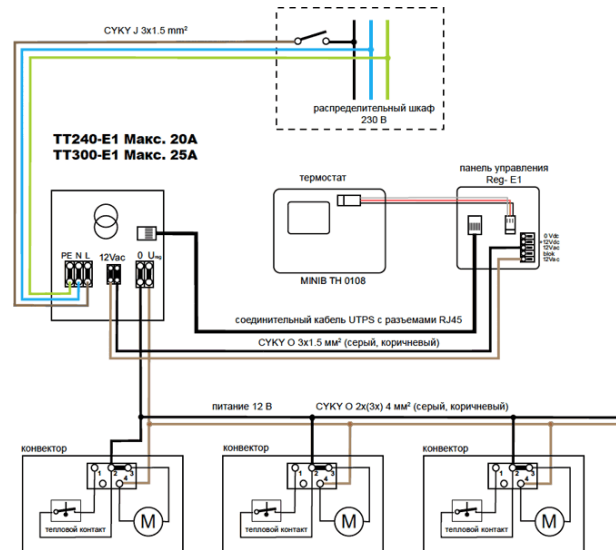
**Система регулювання Е1.** Конвектори можуть підключатися послідовно, якщо відстань від трансформатора невелика. У разі, коли відстань до останнього або найбільш віддаленого трансформатора перевищує 20 м, рекомендується з'єднання у конфігурації "зірка". Розгалуження можна здійснювати за допомогою електромонтажних коробок ЕМК у стіні або клем WAGO безпосередньо в корпусі конвектора. З технічної точки зору термостат може бути розміщений у сирому приміщенні, оскільки він живиться від батареї напругою 3 В, а живлення електродвигунів здійснюється безпечною змінною напругою 12 В. Однак для запобігання корозії його корпусу найкраще встановлювати термостат у місці, де не відбувається конденсація вологи.

**Система регулювання типу ТЕ** (регулювання типу "Вимк. / Увімк." для електронних конвекторів). Термостат включає і спіралі нагріву.

**Система регулювання типу ТЕ - КР** – допоміжний контактор. Котушка управління: ~240 В / 50 Гц. Контакти: ~240 В / 50 Гц /  $I_{max}$  для активного навантаження. Струм  $I_{max}$  визначається на підставі сумарної теплопродуктивності всіх підключених приладів. Контактор може бути

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трифазним. У цьому випадку загальну довжину конвекторів необхідно розділити на три рівні частини і підключити кожен до однієї з фаз. Живлення котушки контактора може здійснюватись від будь-якої фази.



Для вибору системи регулювання роботи конвекторів у приміщенні з басейном слід врахувати кілька важливих факторів:

### 1. Вибір типу системи регулювання

Система регулювання повинна бути адаптована до специфічних умов басейну, де вологість і температура змінюються значно більше, ніж у звичайних приміщеннях. Для таких умов рекомендується використовувати системи, що забезпечують точне регулювання температури і швидкості обертання вентиляторів, наприклад:

- Система регулювання типу E1 – це автоматичне ступінчасте регулювання швидкості обертання вентиляторів, яке дозволяє підтримувати стабільну температуру в приміщенні з басейном, враховуючи вологість.
- Система регулювання типу TE – для приміщень з високою вологістю, таких як басейни, може бути доцільним використання типу "Вимк./Увімк." для простоти та надійності в умовах високої

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

вологості, забезпечуючи підтримку комфортної температури без зайвих коливань.

## 2. Розрахунок необхідної електричної потужності

Щоб правильно підібрати трансформатори і систему регулювання, потрібно визначити сумарну електричну потужність всіх конвекторів, які будуть працювати в приміщенні. Для цього потрібно врахувати:

- Тип конвекторів: МІНІБ СОІЛ КО, довжиною 2500 мм та 3000 мм.
- Потужність кожного конвектора, яка зазвичай вказана в каталожному листі (наприклад, для цього типу конвекторів).

Якщо в каталозі зазначено, що потужність одного конвектора складає, наприклад, 2 кВт, то для кількості конвекторів можна розрахувати сумарну потужність:

- Для 1 конвектора (2500 мм): Потужність = 2 кВт
- Для 1 конвектора (3000 мм): Потужність = 2,4 кВт

## 3. Визначення кількості та типу трансформаторів

Після визначення сумарної потужності всіх конвекторів, можна розрахувати кількість і тип трансформаторів для живлення конвекторів.

Наприклад, якщо сумарна потужність всіх конвекторів становить 12 кВт, то для живлення цього навантаження знадобиться відповідна кількість трансформаторів. Для цього слід враховувати:

- Якщо трансформатор має потужність 3 кВт, то потрібно 4 трансформатори для забезпечення необхідного навантаження.
- Якщо трансформатор має потужність 6 кВт, то потрібно 2 трансформатори.

Під час вибору трансформаторів слід також враховувати резерв на майбутнє або можливість підключення додаткових приладів.

## 4. Особливості вибору системи регулювання для басейну:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- Враховувати, що для приміщення з басейном висока вологість є фактором, який впливає на роботу електричних компонентів, тому вибір системи з високим рівнем захисту від корозії і вологості є важливим.
- Термостат і система управління повинні мати належний захист від впливу вологи, щоб забезпечити безпечну і ефективну роботу в таких умовах.

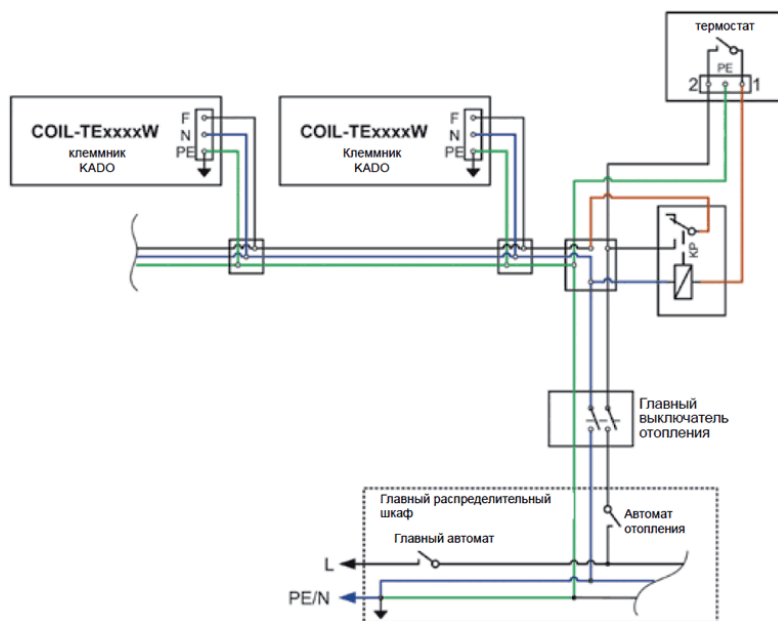
Для приміщення з басейном, оптимальною буде система регулювання типу E1 для автоматичного регулювання швидкості обертання вентиляторів з можливістю програмованого управління температурою. Визначення сумарної потужності конвекторів і кількості трансформаторів залежить від їх потужності, що зазначена в каталожному листі, та загальної кількості підключених приладів.

Вибір типу системи регулювання - вибрати можна одну з двох систем регулювання 4 для мокрих приміщень - A1 або E1, для забезпечення більш високого рівня комфортності;

1. визначення кількості трансформаторів – відповідно до завдання розрахуємо електричні потужності кожного конвектора: №1 – 111 ВА, № 2 – 106 ВА , № 3 - 106 ВА, № 4 - 111 ВА. Вибирати можемо з таких типів трансформаторів: ТТ240 і ТТ300

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. визначення кількості трансформаторів – на підставі сумарної електричної потужності всіх конвекторів ми визначили, що не можна використовувати тільки один трансформатор, а необхідно використання не менше двох трансформаторів. Можливі комбінації підключення конвекторів: №1 + №2=217 ВА, №3+№4=217 ВА, №1+№4=222 ВА, №2+№3=212 ВА. Вибираємо 2 трансформатори ТТ240-Е1, конвектори будуть підключені в комбінації: №1+№2 та №3+№4.



### Проектування системи керування для фотоелектричної системи з акумулятором і тепловим насосом

Для розробки системи керування, що управляє фотоелектричною системою з акумулятором і тепловим насосом, можна визначити кілька ключових компонентів і функціональних можливостей, які забезпечать ефективно і економічне використання енергії:

#### 1. Моніторинг та збір даних

Система повинна постійно збирати дані про важливі параметри, щоб забезпечити точне управління енергоспоживанням:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- **Потужність сонячних панелей** – вимірювання потужності генерації сонячних панелей для визначення доступної енергії.
- **Стан заряду акумулятора** – моніторинг рівня заряду для коректного управління циклом зарядки та розрядки батареї.
- **Споживання енергії** – вимірювання споживаної енергії для коригування роботи системи та оптимізації використання енергетичних ресурсів.
- **Умови навколишнього середовища** – врахування температури, вологості та сонячної активності, які впливають на ефективність роботи сонячних панелей і теплового насоса.

## 2. Алгоритми управління енергоспоживанням

Основні алгоритми, що дозволяють автоматично регулювати використання енергії:

- **Зарядка та розрядка акумулятора:** алгоритм, який визначає, коли і скільки енергії слід зберігати в акумуляторі або використовувати безпосередньо.
- **Використання сонячної енергії:** система вирішує, коли найкраще використовувати енергію від сонячних панелей безпосередньо (коли сонце активно) або коли варто зберігати її для подальшого використання.
- **Активація теплового насоса:** алгоритм визначає, коли тепловий насос має бути активований на основі попиту на енергію, зовнішніх температурних умов та економічної доцільності.

## 3. Управління навантаженням

Система повинна здатна ідентифікувати пристрої, що споживають велику кількість енергії, і регулювати їх роботу для оптимального використання сонячної енергії та акумулятора:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Регулювання роботи енергоспоживаючих приладів:** виявлення пристроїв, що використовують найбільше енергії, і автоматичне регулювання їх роботи таким чином, щоб максимізувати споживання енергії від сонячних панелей або акумулятора.

#### 4. Взаємодія з мережею

Система повинна бути здатною до взаємодії з електричною мережею для ефективного управління енергетичними потоками:

- **Моніторинг електромережі:** система повинна бути оснащена можливістю моніторингу стану електромережі, щоб визначати, коли доцільно імпортувати чи експортувати енергію.
- **Експорт надлишкової енергії:** можливість експортувати надлишкову сонячну енергію назад в мережу, коли батарея вже заряджена або в разі надлишку енергії.
- **Імпорт енергії:** у разі недостатнього виробництва енергії з сонячних панелей або виснаження акумулятора, система повинна автоматично імпортувати енергію з мережі.

#### 5. Інтеграція прогнозу погоди

Прогноз погоди є важливим фактором для коригування стратегії управління енергією:

- **Прогноз сонячної генерації:** на основі прогнозу погоди система може передбачити рівень сонячної генерації, що дозволяє коригувати стратегію використання енергії — зберігати більше енергії в акумуляторі або використовувати її для нагріву води чи опалення.

#### 6. Безпека та обробка несправностей

Для забезпечення надійної та безпечної роботи системи необхідно впровадити такі заходи:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Захист від перенапруги та перевантаження по струму:** система повинна бути оснащена захистом, щоб уникнути пошкодження компонентів в разі перенапруги чи перевантаження.
- **Аварійне вимкнення:** у разі виникнення аварійної ситуації повинна бути реалізована процедура аварійного вимкнення системи для запобігання пошкодженням.
- **Виявлення несправностей:** алгоритми повинні автоматично виявляти несправності в роботі системи, наприклад, якщо сонячні панелі не генерують енергію або акумулятор не заряджається.

## 7. Інтеграція з системою "розумного будинку"

Система керування повинна бути інтегрована з іншими пристроями та приладами будинку для досягнення більш високого рівня автоматизації:

- **Безперебійний контроль і координація:** забезпечення взаємодії з іншими системами "розумного будинку", такими як освітлення, опалення, кондиціонування, що дозволяє оптимізувати споживання енергії та покращити комфорт у будинку.

## Висновок

Проектування системи управління для фотоелектричної системи з акумулятором і тепловим насосом потребує впровадження комплексних алгоритмів, що включають моніторинг, управління енергоспоживанням, взаємодію з мережею, прогнозування погоди, а також забезпечення безпеки та інтеграції з іншими системами. Така система забезпечить ефективно та економічне використання відновлювальних джерел енергії, підвищення енергоефективності будівлі та зниження витрат на енергоспоживання.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Охорона праці та навколишнього середовища

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.1. Аналіз проекту по небезпечним і шкідливим факторам

Таблиця 8.1

### Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

№	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісні оцінки	Нормативні документи
1	Транспортні засоби	Транспортні роботи (підвезення матеріалів та конструкцій)	Швидкість руху на прямих ділянках – 10 км/год, на поворотах – 5 км\год	ДБН А.3.3-2 2009 Розділ 8 ДБН А.3.1-5-2009
2	Падіння людини з висоти	Монтажні роботи -зовнішні, -внутрішні	h = 8,5 м h = 8,5 м h = 4,0м	ДБН А.3.3-2 2009 Розділ 10.14.17.15
3	Падіння конструкцій і матеріалів з висоти	Монтажні,покрівельні і, опоряджувальні -зовнішні -внутрішні	h = 8,5 м h = 8,5 м h = 8,5 м h = 8,5 м h = 4,0м	ДБН А.3.3-2 2009 Розділ 10.14.17.15
4	Ураження електричним струмом	Електромонтажні, зварювальні, освітлення, машини і механізми	220 В 6000/380В 220В 220В,380В	ДБН А.3.3-2 2009 П.9 п.18 НПАОП 40.1-1.21-92
5	Недостає освітлення робочих місць	Монтаж конструкцій, монтажні, огорожувальні, внутрішні,зовнішні	30лк 30лк 30лк 50лк 30лк	ДСТУ Б.А.3.2-15-2011 ДБН Аю3ю2-2-2009 ДБН В.2.5-28:2018
6	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	t=20-22 °С f=60-46% v=0,3 м/с	ГОСТ 12.1.005-88 ДБН 3.3.6.042-99
7	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	II катег.	ДСТУ Б.В.2.5-38-2008
8	Пожежна безпека	Захист від пожежі	II ступ. вогнест. категор. пож. Безп В	ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 ДБН В.1.1-7:2016

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## 8.2. Заходи профілактики виявлених факторів

Заходи профілактики ураження електричним струмом при електрозварюванні

Електрозварювання — це процес, який супроводжується високим ризиком ураження електричним струмом. Це може статися через несправності зварювального апарату, неправильне заземлення або підключення зварювального обладнання до електричної мережі, а також через неправильне виконання зварювальних робіт або контактування з напруговедучими частинами зварювального обладнання. Для запобігання таким небезпекам необхідно впровадити низку профілактичних заходів.

### 1. Заземлення струмоведучих частин

- Всі металеві частини зварювального обладнання, що можуть стати джерелом ураження електричним струмом, повинні бути належно заземлені.
- Особливу увагу слід приділяти заземленню розподільчих щитів, які повинні знаходитися в місцях монтажних ділянок, що дає можливість вимкнути все обладнання в разі небезпеки.

### 2. Прокладання та захист зварювальних проводів

- Зварювальні проводи повинні бути прокладені так, щоб уникнути пошкодження їх ізоляції, що може призвести до короткого замикання або ураження струмом.
- Важливо, щоб зварювальні проводи не мали контакту з водою, маслом або металевими канатами, що можуть стати додатковими джерелами небезпеки.

### 3. Безпека при роботі з гарячими та теплими об'єктами

- Відстань між зварювальними проводами та гарячими трубопроводами або балонами з киснем повинна бути не менше ніж 0,5 м, щоб уникнути можливих пошкоджень ізоляції та ризиків займання чи вибуху.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Спеціальне захисне заземлення

- Зварювальний трансформатор повинен бути обладнаний спеціальним захисним заземленням, що має відповідні розміри — наприклад,  $L50 \times 50 = 2500$  мм для забезпечення надійного захисту від ураження електричним струмом.

#### 5. Контроль за роботою зварювального обладнання

- Регулярне технічне обслуговування та перевірка зварювального обладнання на наявність пошкоджень чи несправностей.

- У разі виявлення будь-яких дефектів у обладнанні або ізоляції, роботу слід негайно припинити до усунення неполадок.

#### 6. Навчання та інструктаж працівників

- Усім працівникам, які виконують зварювальні роботи, необхідно пройти інструктаж щодо безпеки та правильної експлуатації обладнання.

- Працівники повинні бути ознайомлені з процедурою надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Застосування цих профілактичних заходів дозволяє значно знизити ризик ураження електричним струмом при електрозварювальних роботах та забезпечити безпеку працівників.

Заходи щодо зниження виробничого шуму в проєкті:

Для забезпечення нормативного шумового режиму в проєкті були передбачені такі заходи:

##### 1. Шумозахист підлоги теплового пункту:

- “Плаваюча” підлога: У тепловому пункті підлога виконана "плаваючою" на шарі піску товщиною 50 мм, що допомагає знизити передачу вібрацій і шуму на конструкції будівлі.

- Відокремлення від стін: Підлога відокремлюється від стін за допомогою пружних прокладок, що мінімізує поширення звукових хвиль і знижує шум.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Використання малошумного обладнання:

- Для зниження рівня шуму в тепловому пункті застосовуються малошумні насоси та електродвигуни, що працюють на низьких рівнях шумового випромінювання.

## 3. Установлення насосів на фундаментах:

- Насоси встановлюються на спеціальних фундаментах, що дозволяє знижувати вплив вібрацій на навколишні конструкції, тим самим зменшуючи рівень шуму.

## 4. Еластичне підключення насосів до трубопроводів:

- Використання циркуляційних насосів з еластичним підключенням до трубопроводів, що дозволяє ізолювати вібрації та знижувати шум, що виникає при передачі механічних коливань через систему труб.

## 5. Заходи щодо зниження шуму в вентиляційних системах:

- Шумогасники встановлені на припливних та витяжних повітропроводах систем вентиляції для зниження рівня шуму, що виникає при русі повітря через трубопроводи.

- Гнучкі вставки використовуються при підключенні повітропроводів до вентиляторів, що дозволяє зменшити передачу вібрацій і знижує шум від роботи вентиляторів.

## 6. Тепло- та звукоізоляція вентиляційної системи:

- В підлозі венткамери передбачено влаштування теплозвукоізолюючого шару, що додатково знижує рівень шуму, який може виникати через вібрації і поширюватися через конструкції будівлі.

## 7. Контроль швидкості повітря та води:

- Швидкість повітря в повітропроводах та решітках, а також швидкість води в трубопроводах, не повинні перевищувати нормативні значення. Це важливо для того, щоб уникнути підвищених рівнів шуму, які можуть виникати при надмірно високих швидкостях руху рідин і газів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Ці заходи спрямовані на забезпечення комфортних умов для роботи і проживання в приміщеннях, де є технологічне обладнання, зокрема в теплових пунктах і приміщеннях з вентиляційними системами. Вони допомагають знизити рівень шуму як в середині приміщень, так і на прилеглий території, забезпечуючи відповідність нормам шумової безпеки.

#### Параметри мікроклімату для монтажних робіт

Для забезпечення належних умов мікроклімату під час монтажних робіт необхідно врахувати кілька аспектів, які забезпечать комфорт і безпеку працівників, а також ефективність виконання робіт.

##### 1. Тимчасове опалення та забезпечення свіжим повітрям:

- Тимчасове опалення повинно бути організоване в приміщеннях, де проводяться монтажні роботи, особливо в холодний період року. Це необхідно для підтримки оптимальної температури для виконання робіт і комфорту працівників.

- Провітрювання приміщень є важливим елементом підтримки мікроклімату. Свіже повітря повинно надходити ззовні, а також повинна бути забезпечена нормована швидкість руху повітря. Для цього організовується відповідна вентиляція.

- Запобігання протягам: відкриті прорізи дверей або вікон повинні бути завішені поліетиленом для запобігання протягам, що можуть викликати дискомфорт чи переохолодження працівників.

##### 2. Запобігання переохолодженню:

- Для запобігання переохолодженню працівників необхідно забезпечити їх відповідним теплим одягом та взуттям, які повинні бути повітропроникними та вологозахисними. У разі опадів слід використовувати плащі та гумові чоботи для захисту від вологи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- Для захисту від теплового опромінення працівникам на голові повинні бути встановлені дюралеві або фіброві каски. Також, для захисту очей використовуються окуляри, а для обличчя — маски з прозорим екраном.

### 3. Перерви для підігріву:

- Робочі зміни повинні бути організовані з періодичними перервами для підігріву в спеціально обладнаних приміщеннях. Це дозволяє запобігти переохолодженню працівників і забезпечити їм комфорт під час виконання робіт.

### 4. Обмеження при несприятливих погодних умовах:

- При роботі на відкритому повітрі з швидкістю вітру понад 15 м/с або при низьких температурах роботи проводити не можна. Це є вимогою, яка прописана в ДБН А.3.2-2-2009, що встановлює обмеження на виконання робіт при несприятливих погодних умовах.

### 5. Внутрішні роботи та нормалізація мікроклімату:

- Для нормалізації мікроклімату під час внутрішніх робіт необхідно організувати достатній повітрообмін в приміщенні. Це забезпечується провітрюванням або встановленням відповідної вентиляційної системи, що дозволяє підтримувати необхідний рівень вологості та температури для комфортної роботи.

Загалом, підтримка оптимальних параметрів мікроклімату включає не тільки правильну організацію вентиляції та опалення, але й створення комфортних і безпечних умов для працівників, що важливо для ефективного виконання монтажних робіт та уникнення травм або захворювань.

### Блискавкозахист для будівель 2 категорії

Згідно з нормами, будівлі 2 категорії підлягають блискавкозахисту у місцевостях з високою грозовою активністю, тобто де кількість грозових днів перевищує 20 на рік. Зважаючи на це, для такої будівлі необхідно забезпечити

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійний захист від прямих ударів блискавки та наслідків її впливу, що забезпечить безпеку як для конструкції будівлі, так і для людей всередині.

#### Тип зони захисту

- Враховуючи, що в проекті передбачена зона захисту типу А, цей тип має ступінь надійності близько 99.5%. Це означає, що для цієї зони передбачається дуже високий рівень захисту від ударів блискавки.

Зона захисту типу А є найвищим рівнем, який передбачає максимальний захист для будівель, в яких потенційно можуть перебувати люди або важливі матеріальні об'єкти. Вона забезпечує найкращу ефективність блискавкозахисту, застосовуючи передові технології та методи.

#### Конструкція блискавкозахисту

1. Захист від прямих ударів блискавки (первинний вплив): Для цього в проекті передбачено встановлення блискавковідводів, які будуть захищати будівлю від прямого удару блискавки. Це є основним завданням системи блискавкозахисту, оскільки прямі удари можуть призвести до значних пошкоджень будівлі, пожеж або навіть травмування людей.

#### 2. Типи блискавковідводів:

- Блискавковідводи можуть бути виконані як окреmostоячими, тобто встановленими на відстані від будівлі або її конструкцій, щоб запобігти пошкодженням, або вони можуть бути встановлені на будинку, але в такому випадку вони повинні бути ізольовані від конструкції будівлі, щоб забезпечити ефективний відвід струму.

Окреmostоячі блискавковідводи мають перевагу у тому, що вони не сприяють поширенню енергії удару безпосередньо в будівельні конструкції, що знижує ризик пошкодження або займання.

#### Загальні вимоги та рекомендації:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

- Ізоляція: Блискавковідводи, встановлені на будинку, повинні бути ізольовані від будівельних конструкцій для запобігання електричному пошкодженню матеріалів або виникненню коротких замикань у будівлі.

- Встановлення: Блискавковідводи повинні бути розташовані таким чином, щоб забезпечити максимальний захист від прямого удару блискавки, покриваючи всю будівлю без мертвих зон.

- Огляд та технічне обслуговування: Система блискавкозахисту повинна регулярно перевірятися для виявлення можливих пошкоджень або зносу елементів, що може знизити ефективність захисту.

Таким чином, система блискавкозахисту типу А є важливим елементом безпеки для будівлі з високими вимогами до захисту, забезпечуючи ефективне відведення енергії від удару блискавки і мінімізуючи ризики пошкоджень або нещасних випадків.

#### Протипожежний захист будівлі: основні технічні рішення

Згідно з проектом, для забезпечення належного рівня протипожежного захисту будівлі передбачені наступні технічні рішення та заходи, які відповідатимуть нормам та вимогам безпеки згідно з українським законодавством:

##### 1. Електрообладнання

- Усі електричні пристрої та обладнання, що встановлюються в будівлі, відповідають вимогам електростатичної електробезпеки, що запобігає виникненню іскор або коротких замикань, які можуть стати джерелами займання.

- Захист від короткого замикання: Всі електричні лінії та прилади обладнані захисними пристроями для своєчасного відключення електропостачання в разі короткого замикання, що мінімізує ризик пожежі.

##### 2. Громовідвід

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Для захисту від прямого удару блискавки та його наслідків будівля оснащена громовідводом, який дозволяє безпечно відводити електричні заряди в землю і таким чином запобігає виникненню пожежі через удар блискавки.

### 3. Протипожежні заходи в системах опалення, вентиляції та кондиціонування

- Всі проектні рішення для систем опалення, вентиляції та кондиціонування враховують вимоги до протипожежних заходів:

- Встановлення противибухових заходів у відповідності до вимог безпеки.

- Проектування загальнообмінної вентиляції та центрального кондиціонування з використанням вогнезатримувальних клапанів, які запобігають перетіканню продуктів згоряння з нижніх поверхів на верхні, що допомагає локалізувати пожежу і обмежити її поширення.

### 4. Система вентиляції та протипожежні клапани

- Вентиляційні повітропроводи проектуються з необхідною межею вогнестійкості, що гарантує їх здатність витримувати високі температури під час пожежі без руйнування або поширення вогню.

- Встановлення вогнезатримувальних клапанів при проходженні вентиляційних каналів через стіни з певною межею вогнестійкості, що дозволяє перекривати повітропроводи під час пожежі для обмеження поширення диму та вогню.

- Вогнезатримувальні клапани будуть оснащені електричними датчиками, які автоматично спрацюватимуть у разі перевищення температури або виявлення диму.

### 5. Система димовидалення

- Система димовидалення запроектована таким чином, щоб забезпечити ефективне видалення продуктів горіння та диму з будівлі через

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальні коридори, що дозволяє швидко знизити концентрацію токсичних газів і диму в приміщеннях.

- Витрати диму розраховуються для кожного приміщення окремо, щоб забезпечити належний рівень безпеки, як для людей, так і для конструкцій будівлі.

#### 6. Загальні вимоги до протипожежного захисту

- Всі системи повинні бути спроектовані і виконані з урахуванням нормативних вимог до вогнестійкості та антипожежних заходів, що дозволяє мінімізувати ризики пожежі та запобігти її поширенню.

- Регулярне обслуговування та технічний огляд протипожежних систем та засобів захисту є важливим етапом для забезпечення їх безперебійної роботи у випадку надзвичайної ситуації.

#### Висновок:

Виконання даних заходів дозволить забезпечити високу ефективність протипожежного захисту будівлі та захистити людей і майно від можливих наслідків пожежі, забезпечивши при цьому відповідність вимогам безпеки та нормативам України.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-13-2003 Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди
2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, - Київ, Мінрегіонбуд України. 2014
3. ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с
4. ДБН В 2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
5. Heat Pumps - Technology Guide URL:<https://www.seai.ie/publications/Heat-Pump-Technology-Guide.pdf>, Sustainable Energy Authority of Ireland, August 2020
6. Використання низькопотенційної теплоти за допомогою теплових насосівurl: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/vykorystannjanyzkopotencijnoyi-teploty-za-dopomohoju-teplovyh-nasosiv.pdf>
7. Steward F. R. Optimum arrangement and use of heat pumps in recovery waste heat /F. R. Steward // Energy Conversion Mgmt. – 1984. – Vol. 24, № 2. – p. 123-129.
8. Yu-Yuan Hsieh, Yi-Hung Chuang, Tung-Fu Hou, Bin-Juine Huang. A study of heat-pump fresh air exchanger // Applied Thermal Engineering. – 2018. – Vol. 132, №5. – p. 708-718.
9. Miglioli, A.; Aste, N.; Del Pero, C.; Leonforte, F. Photovoltaic-thermal solarassisted heat pump systems for building applications: Integration and design methods. Energy Built Environ. 2021, 4, 39–56.
10. Blázquez, C.S.; Borge-Diez, D.; Nieto, I.M.; Martín, A.F.; GonzálezAguilera, D. Renewable energy integration as an alternative to the traditional ground-source heat pump system. In Energy Services Fundamentals and Financing; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020; pp. 109–130.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

11. Ramos-Escudero, A.; García-Cascales, M.S.; Cuevas, J.M.; Sanner, B.; Urchueguía, J.F. Spatial analysis of indicators affecting the exploitation of shallow geothermal energy at European scale. *Renew. Energy* 2021, 167, 266–281.
12. Mills, D. Boom-time for renewable energy in Europe // *Solar Progress*. – 2015. – Vol. 21, № 2. – p. 14-23.
13. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/89ee849a-fabe-4b81-948a-b7bdeede79e9/content>
14. International Renewable Energy Agency. URL: <https://www.irena.org/>
15. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. – Київ.; Мінрегіонбуд України, 2010, с57.
16. S. Ashok. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/science/solarenergy>.
17. Сонячні теплові системи. Vaillant. Комфорт мого дому. URL: <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/korisna-informatsia/how-differenttechnologies-work/solar-thermal-heating/>
18. HOME HEATING USING GEOTHERMAL ENERGY URL: <https://www.centralheating.co.nz/assets/resources/Introduction-geothermalheating.pdf>
19. Шаповал, О., Чепурна, Н., Кириченко, М. (2021). Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса залежно від коливань температури зовнішнього повітря. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, Випуск 37, с.24. – 30
20. Гламаздін, П. М., Чепурна, Н. В., Козячина, Б. І. (2023). Вибір методики розрахунку теплового навантаження систем гарячого водопостачання об'єктів зі значною нерівномірністю споживання. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 44, 39–48. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.44.39-48>
21. Значення коефіцієнта: EER, SEER, HSPF, MERV | AW-Therm.com.ua. AW-Therm журнал. URL: <https://aw-therm.com.ua/znachennyakoefficiyenta-eer-seer->

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

hspfmerv/#:~:text=Коефіцієнт%20енергоєфективності%20(EER),на%20кількість%20ват%20спожитої%20електроенергії.

22. Дерев'яно Д.Г. Особливості визначення економічних показників доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності / Дерев'яно Д.Г., Колодяжна А.О., Ницун Ю.Г. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 2. – С. 87–94. – ISSN 1813-5420. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2021.247412>
23. Дерев'яно Д.Г. Перспективи застосування відновлювальних джерел енергії для теплопостачання громадських і житлових будівель в Україні / Дерев'яно Д.Г., Беспала Н.Г., Богойко І.І., Колодяжна А.О.// Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2022. – № 2. – С. 41–47. – ISSN 1813-5420. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2022.261369>
24. Теплонасосні системи опалення та гарячого водопостачання URL: [http://odaba.edu.ua/upload/files/MR\\_OK4\\_KP\\_teplonasosn.pdf](http://odaba.edu.ua/upload/files/MR_OK4_KP_teplonasosn.pdf), Одеська державна академія будівництва та архітектури інститут гідротехнічного будівництва та цивільної інженерії
25. The selection of a methodology for calculating the heat load of hot water supply systems for facilities with significant uneven consumption ПМ Гламаздин, НВ Чепурна, Бі Козячина Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання Випуск 44, с. 39-48
26. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»
27. ДСТУ Б EN 12831 «Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження» / Мінрегіон України. – Київ: Укрархбудінформ., 2012. – 72 с.
28. Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О проектування систем водяного опалення (посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ) – Відень - Київ – Сімферополь, 2010 – 201 с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



- 39.ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)»
- 40.[https://www.daikin.com.ua/uk\\_ua/customers.html](https://www.daikin.com.ua/uk_ua/customers.html)
- 41.Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник.- К.:КНУБА, 2002.-256 с.
- 42.<https://termocom.com.ua/ua/teplovi-nasosy/heotermalni-teplovi-nasosy/>
- 43.Переваги, недоліки та особливості застосування низько та високотемпературних систем тепlopостачання. А Дорошенко Н. Чепурна - Матеріали конференцій МЦНД, 2024, с. 138-140.
- 44.<https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/>
- 45.<https://konvektor.in.ua/minib/regulation-minib>
- 46.<https://yak-zrobyty.in.ua/rozrakhunok-ventilyacii-basejnu-ventilyaciya-v-basejni-privatnogo-budinku-kotedzhu-sxemi-rozrakhunok-i-proektuvannya>
- 47.Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова - К.: Основа, 2011. - 480с.
- 48.Законодавство України про охорону праці: У 3 т. – К.: Основа, 2008.- Т.1.- 368 с., Т.2-352с., Т.3-464с.
- 49.ДБН В.1.1-31:2013-«Захист територій, будинків і споруд від шуму»
- 50.ДБН В.1.1-7:2016 – «Пожежна безпека об'єктів будівництва»
- 51.Сайт <https://www.esludger.com.ua/uk/yak-vybraty-typlovyi-nasos-vybir-teplovoho-nasosu-opalennia.html>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## Додатки

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

Кваліфікаційна робота магістра

*Арк.*

## Характеристика огороджуючих конструкцій

Розрахунок зовнішньої стіни						
№	Назва матеріалу	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м*С		
1	2	3	4	5		
1	Цегла повнотіла марка М100	1300	0,25	0,52		
2	Утеплювач- Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті	135	0,15	0,054		
$\Sigma$						
	$R_{of} =$	3,42	м <sup>2</sup> *С/Вт		$R_{qmin} =$	3,3 м <sup>2</sup> *С/Вт
	$K =$	0,29	Вт/м <sup>2</sup> *С	304,8	$R_{ст} =$	3,42 м <sup>2</sup> *С/Вт
Розрахунок покрівлі						
№	Назва матеріалу	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м*С		
1	2	3	4	5		
1	Утеплювач- Роклайт	135	0,35	0,059		
$\Sigma$						
	$R_{of} =$	6,13	м <sup>2</sup> *С/Вт		$R_{qmin} =$	4,95 м <sup>2</sup> *С/Вт
	$K =$	0,16	Вт/м <sup>2</sup> *С		$R_{п} =$	6,13 м <sup>2</sup> *С/Вт
	Підбір вікон				$R_{qmin} =$	0,75 м <sup>2</sup> *С/Вт
1	Вікна	$R_{of} =$	1,47	м <sup>2</sup> *С/Вт	$R_{в} =$	1,47 м <sup>2</sup> *С/Вт
	Підбір зовнішніх дверей				$R_{qmin} =$	0,6 м <sup>2</sup> *С/Вт
		$R_{of} =$	0,70	м <sup>2</sup> *С/Вт	$R_{дв} =$	0,70 м <sup>2</sup> *С/Вт

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## Додаток 1

№	Назва прим.	Фпр., м.кв	Н,м	Т, °С	Огородження				тв-тз	п	R1	β	Q <sub>гор</sub>	Q <sub>вент.</sub>	Q <sub>сум.</sub>	Q <sub>м2</sub>
					Назва	А, м	В, м	S, кв. м								
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15,00	16	18	19	20
1	Передпокій	17,4	3,50	20	3С	10,60	3,8	7,64	42	1	3,4	1,1	110		110	
					ВК1	5,1	3,4	17,3		1	1,4	1,1	550		550	
					ВК2	4,5	3,4	15,3		1	1,4	1,1	490		490	
					R1	-	-	21,2		1	3,2	1,0	280		280	
					R2	-	-	9,1		1	5,4	1,0	70		70	
					R3	-	-	1,6		1	9,7	1,0	10		10	
														1812	68,9	
2	Більярдна	55,0	3,50	22	3С	24	3,80	55,5	44	1	3,4	1,1	790	503	1293	
					ВК1	9,3	3,4	31,6		1	1,5	1,1	1050		1050	
					ВК2	1,7	2,4	4,08		1	1,5	1,1	140		140	
					R1	-	-	48,0		1	3,3	1,0	650		650	
					R2			24,9		1	5,5	1,0	210		210	
					R3	-	-	9,50		1	9,8	1,0	50		50	
														4071	62,2	
3	Топкова	12,80	3,50	18	3С	2,6	3,8	7,3	40	1	3,4	1,1	100		100	
					ДВ	1,1	2,4	2,6		1	0,7	1,1	170		170	
					R1	-	-	5,2		1	3,3	1,0	70		70	
														408	107	
4	Гардеробна	15,50	3,50	18	R2	-	-	2,9	40	1	5,5	1,0	30		30	
														36	12,4	
5	С/в	8,30	3,50	20	R1	-	-	0,8	42	1	3,3	1,0	20		20	
					R2	-	-	1,8		1	5,5	1,0	20		20	
														48	18,5	

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

6	с/в	3,0	3,50	26	ЗС	2,1	3,8	7,98	48	1	3,33	1,1	130		130	
					R1	-	-	4,20		1	3,26	1,0	70		70	
					R2	-	-	1,80		1	5,46	1,0	20		20	
														264	53,9	
7	Спальня	24	3,50	22	ЗС	8,2	3,8	24,6	44	1	3,42	1,1	350	101	451	
					ВК 1	2,6	2,5	6,58		1	1,47	1,1	220		220	
					R1	-	-	5,20		1	3,26	1,0	80		80	
					R2	-	-	1,80		1	5,46	1,1	20		20	
														926	70,1	
8	Спальня	35	3,50	22	ЗС	10	3,4	18,3	44	1	3,42	1,1	260	144	404	
					ВК 1	5,4	2,9	16,0		1	1,47	1,1	530		530	
					ГП	-	-	20,9		1	6,13	1,0	160		160	
														1313	62,6	
9	Ванна кімната	20,1	3,50	22	ЗС	8,9	3,4	18,4	44	1	3,42	1,1	260	118	378	
					ВК 1	3,5	3,4	11,9		1	1,47	1,1	400		400	
					ГП	-	-	17,2		1	6,13	1,1	140		140	
														1102	64,0	
10	Спальня	20,9	3,50	26	ЗС	3,05	3,40	1,87	48	1	3,42	1,1	30	0	30	
					ВК1	2,50	3,40	8,50		1	1,47	1,1	310		310	
					ГП	-	-	6,71		1	6,13	1,1	60		60	
														480	71,5	
11	Пральня	12,0	3,50	20	ЗС	8,43	3,40	4,18	42	1	3,42	1,1	60	0	60	
					ВК1	2,80	3,40	9,52		1	1,47	1,1	300		300	
					ВК2	4,40	3,40	14,9		1	1,47	1,1	480		480	
					ГП	-	-	30,8 2		1	6,13	1,1	240		240	
														1296	42,1	
12	Ідальня	33,0	3,50	22	ЗС	8,43	3,40	4,18	42	1	3,42	1,1	60	0	60	
					ВК1	2,80	3,40	9,52		1	1,47	1,1	300		300	
					ВК2	4,40	3,40	14,9		1	1,47	1,1	480		480	
					ГП	-	-	30,8		1	6,13	1,1	240		240	
														1296	42,1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

13	Гардеробна	9,5	3,50	26	ЗС	2,2	3,40	7,5	48	1	1,00	1,0	360	0	360	
					ГП	-	-	4,6		1	6,13	1,1	40		40	
														480	103,9	
14	Житлова кімната	20,1	3,50	22	ЗС	10,4	3,4	19	44	1	3,42	1,1	270	142	412	
					ВК	4,80	3,4	16		1	1,47	1,1	540		540	
					ГП	-	-	20		1	6,13	1,1	170		170	
														1346	65,3	
15	Вітальня	47,4	3,50	22	ЗС	10,4	3,4	19	44	1	3,42	1,1	270	142	412	
					ВК	4,80	3,4	16		1	1,47	1,1	540		540	
					ГП	-	-	20		1	6,13	1,1	170		170	
														1346	65,3	
16	С/в	11,7	3,50	26	ЗС	6,6	3,4	15	48	1	3,4	1,1	250	0	250	
					ГП	-	-	12		1	6,1	1,1	110		110	
					ВК1	3,9	1,7	6,7		1	1,4	1,1	250		250	
														732	60	
17	Гардероб	11,4	3,50	22	ГП	-	-	7,1	44	1	6,1	1	60		60	
18	Господарчі приміщення	10,9	3,50	22	ГП	-	-	7,1	44	1	6,1	1	60		60	
19	с/в	3,0	3,50	26	ЗС	2,1	3,8	7,98	48	1	3,33	1,1	130		130	
					R1	-	-	4,20		1	3,26	1,0	70		70	
					R2	-	-	1,80		1	5,46	1,0	20		20	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марк, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач	Одиниця вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Прим
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<u>Теплогенераторна</u>							
	<u>Обладнання</u>							
1	1 Чилер Daikin EWWP-KAW1N: 45			Daikin	шт.	1		
2	2 Газовий атмосферний котел De Dietrich DTG230: DTG 230-11			De Dietrich	шт.	1		
3	3 Акумуляційна ємність VPS: 1000/2			Vaillant	шт.	1		
4	4 Водонагрівач aurostore VIH: 300			Vaillant	шт.	1		
5	5 Пластинчастий теплообмінник: ТПР-14-РН16/1-28-ТКТЛ79			Sondex	шт.	1		
6	6 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 50/10: 1ф	TOP-S 50/10: 1ф		Grundfos	шт.	1		
6а	7 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 40/10: 1ф	TOP-S 40/10: 1ф		Grundfos	шт.	1		
7	8 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 40/7: 1ф	TOP-S 40/7: 1ф		Grundfos	шт.	1		
8	9 Насос циркуляційний Wilo UTOP-S 40/4: 1ф	TOP-S 40/4: 1ф		Grundfos	шт.	1		
9	10 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 25/7: 1ф	TOP-S 25/7: 1ф		Grundfos	шт.	1		
10	11 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 25/7: 1ф	TOP-S 25/7: 1ф		Grundfos	шт.	2		
11	12 Насос циркуляційний Wilo TOP-S 25/5: 1ф	TOP-S 25/5: 1ф		Grundfos	шт.	2		
13	13 Мембранний розширювальний бак: NG 140			Reflex	шт.	1		
14	14 Мембранний розширювальний бак: NG 50			Reflex	шт.	1		
15	15 Мембранний розширювальний бак DE 2-33: DE 33			Reflex	шт.	1		
17	16 Мембранний розширювальний бак DE 2-33: DE 25			Reflex	шт.	1		
18	17 Мембранний розширювальний бак NG 8-25: NG 18			Reflex	шт.	1		
	<u>Вироби та матеріали</u>							
19	18 Триходовий позиційно переключаючий клапан: Ду 40			Belimo	шт.	2		
20	19 Двоходовий позиційний кульовий клапан: Ду50			Belimo	шт.	2		
21	20 Швидкороз'ємне з'єднання SU Ду 20			Reflex	шт.	3		
22	21 Швидкороз'ємне з'єднання SU Ду 25			Reflex	шт.	2		

Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата	Кваліфікаційна робота магістра		
						Специфікація	Стадія	Аркуш
							КР	1
							Кафедра	
Розробив						Дмитріє		

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марк, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач	Одиниця вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	22 Триходовий регулюючий клапан: Ду25			Belimo	шт.	2		
24	23 Триходовий регулюючий клапан: Ду25 Тип2			Belimo	шт.	1		
25	24 Кран кульовий муфтовий: Ду20			IVR	шт.	7		
26	25 Кран кульовий муфтовий: Ду25			IVR	шт.	14		
27	26 Кран кульовий муфтовий: Ду32			IVR	шт.	9		
28	27 Кран кульовий муфтовий: Ду40			IVR	шт.	17		
29	28 Кран кульовий муфтовий: Ду50			IVR	шт.	6		
30	29 Фільтр сітчастий муфтовий: Ду20			IVR	шт.	1		
31	30 Фільтр сітчастий муфтовий: Ду25			IVR	шт.	4		
32	31 Фільтр сітчастий муфтовий: Ду32			IVR	шт.	3		
33	32 Фільтр сітчастий муфтовий: Ду40			IVR	шт.	3		
34	33 Фільтр сітчастий муфтовий: Ду50			IVR	шт.	1		
35	34 Клапан зворотній муфтовий: Ду20			IVR	шт.	1		
36	35 Клапан зворотній муфтовий: Ду25			IVR	шт.	4		
37	36 Клапан зворотній муфтовий: Ду32			IVR	шт.	3		
38	37 Клапан зворотній муфтовий: Ду40			IVR	шт.	3		
39	38 Клапан зворотній муфтовий: Ду50			IVR	шт.	1		
40	39 Група безпеки: Ду15			Caleffi	шт.	1		
41	40 Клапан повітроспускний зі зворотнім клапаном: Ду10			Caleffi	шт.	7		
42	41 Клапан мембранний запобіжний, 3,0 бар: Ду15			Caleffi	шт.	3		
43	42 Клапан мембранний запобіжний, 6,0 бар: Ду15			Caleffi	шт.	1		
44	43 Антивібраційна вставка, різьбова: Ду40			Danfoss	шт.	4		
45	44 Манометр радіальний: M 63 RP			Cewal	шт.	4		
46	45 Триходовий кран для манометра: Ду15			Cewal	шт.	4		
47	46 Термометр біметалевий осьовий: PST 63 VI			Cewal	шт.	18		
48	47 Термометр біметалевий осьовий: PST 80 VI (-30...50°C)			Cewal	шт.	2		
49	48 Термометр біметалевий радіальний: RD 63 (0...120°C)			Cewal	шт.	5		
	<u>Трубопроводи та ізоляція</u>							
	49 Труба сталевіа $\phi 15 \times 2.8$ мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	2		

Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марк, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач	Одиниця вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
	50 Труба сталевая Ø20x2.8 мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	14		
	51 Труба сталевая Ø25x3.2 мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	45		
	52 Труба сталевая Ø32x3.2 мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	21		
	53 Труба сталевая Ø40x3.5 мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	25		
	54 Труба сталевая Ø50x3.5 мм	ГОСТ 3262-75			м.п.	13		
	55 Фітинги для сталевих трубопроводів				компл.	1		
	56 Теплоізоляція Climaflex Ø15 мм, товщ. 9 мм				м.п.	2		
	57 Теплоізоляція Climaflex Ø22 мм, товщ. 9 мм				м.п.	14		
	58 Теплоізоляція Climaflex Ø28 мм, товщ. 9 мм				м.п.	45		
	59 Теплоізоляція Climaflex Ø35 мм, товщ. 9 мм				м.п.	21		
	60 Теплоізоляція Climaflex Ø42 мм, товщ. 9 мм				м.п.	25		
	61 Теплоізоляція Climaflex Ø54 мм, товщ. 9 мм				м.п.	13		
	62 Труба поліетиленова PE100 SDR 11 Ø32x3.0 мм				м.п.	2340		
	63 Наконечник для ґрунтового зонду Ø32				шт.	12		
	64 Муфта терморезисторна Ø32				шт.	60		
	65 Трійник терморезисторний 32-32-32				шт.	12		
	66 Коліно терморезисторне 32-32				шт.	24		
	67 Розподільчий колектор ґрунтового теплообмінника				шт.	2		
	68 Повітроспускник, автоматичний 1/2"				шт.	2		
	69 Клапан зворотній для повітроспускника 1/2"				шт.	2		
	70 Кран кульовий муфтовий з американкою Ду50				шт.	2		
	71 Балансувальний вентиль Herz ШТРЕМАКС-GM, Ду20				шт.	6		
	72 Перехід ВЗ 1"x3/4"				шт.	6		
	73 Вантаж ґрунтового зонду				шт.	6		
	74 Етаноловий розчин (25 % по об.)				кг	1300		

Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата